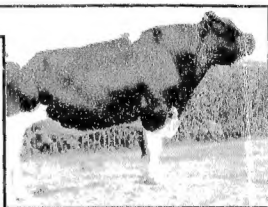
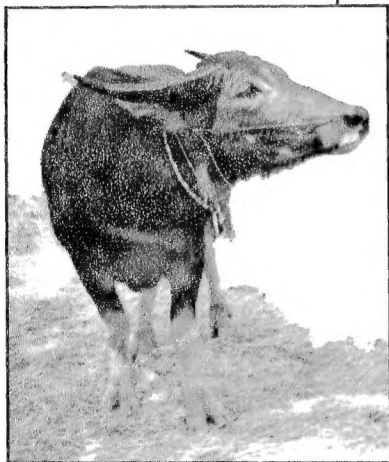
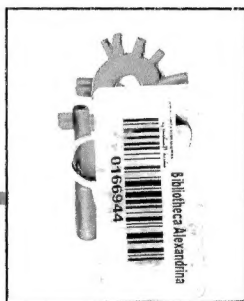


فسيولوجيا حيوانات المزرعة



دكتور
جمال الدين عبد الرحيم
أستاذ الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية



الناشر // ش.م.ك. الإسكندرية
جلال عزى وشركاه

فسيولوجيا حيوانات المزرعة

دكتور

جمال الدين عبد الرحيم

أستاذ الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية

الناشر // مطبعة جامعة الإسكندرية

بلال حزي وشركاه

١٩٩٢

بسم الله الرحمن الرحيم

« اقرأ باسم ربك الذي خلق • خلق الانسان من علق • اقرأ وربك الأكرم •
الذي علم بالقلم • علم الانسان ما لم يعلم »

صدق الله العظيم

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

علم فسيولوجيا الحيوان يدرس مظاهر النشاط الحيوي للحيوانات وما يصاحب هذه المظاهر من تغيرات كيميائية وطبيعية . ويقوم بالوظائف الفسيولوجية أعضاء الجسم المختلفة . وقد يتكون العضو من خلية واحدة كالغدد وحيدة الخلية التي تفرز حامض الأيدروكلوريك بالمعدة ، غير أن أغلب الأعضاء تتكون من عدد كبير من الخلايا المتشابهة أو المختلفة أو من عدد من الأنسجة المختلفة . وتكون الأعضاء مع بعضها ما يعرف بالأجهزة . وتركيب عضو ما يناسب الوظيفة التي يقوم بها . وهناك تآزر بين الوظائف المختلفة التي تقوم بها الأعضاء المختلفة للجهاز الواحد ، كما أن هناك تآزر بين نشاط الأجهزة المختلفة في حيوان ما . ويتم هذا التآزر بواسطة الجهاز العصبي والهرمونات . ونتيجة لتآزر الأجهزة المختلفة يعمل جسم الحيوان كوحدة واحدة .

وسنتناول في هذا الكتاب عرض للأجهزة المختلفة بجسم الحيوان وذلك من الناحية التركيبية والوظيفية ، حيث ترتبط وظيفة العضو بتركيبه التشريحي العام والدقيق . ومما لا شك فيه أن معرفة وظيفة أعضاء الجسم يعتبر ضرورياً لفهم طبيعة إنتاج الحيوان من لحم ولبن وصوف وتناسل وما يؤثر على هذه العمليات من عوامل وراثية أو بيئية . وبهذا يكون الكتاب مفيداً لدارس علوم الإنتاج الحيواني والطب البيطري والحيوان العام وكذلك للمشتغلين بتربية وتحسين الحيوانات المزرعية .

والله نسأل أن يحقق هذا العمل الهدف الذي قصدنا إليه . كما أننا نتوقع أن يوجه إليه نقد متعدد الأوجه ، فما ادعينا قط أنه عمل يرقى لمرتبة الكمال . وبذلك فإننا نرحب بكل نقد راجع من الله العلي القدير أن يكفل لنا في المستقبل الفرصة لمد أوجه النقص المختلفة .

ولا يفوتنا أن نتقدم بجزيل الشكر والامتنان للأساتذة الأجلاء الذين تعلمنا على أيديهم والآخوة والزملاء اللذين ساعدونا في إتمام هذا العمل بإمدادنا بعقد وفير من المراجع وكذلك اللذين تفضلوا مشكورين بمراجعة أصول هذا الكتاب ونخص بالذكر الأساتذة الدكتور محمد حلمي سالم ، عادل حسن ، فرحات النوتي ، زهراء أبو العز ، معدوح سمك ، نبيل عبد العزيز وأحمد زكي فتح الباب أساتذة الإنتاج الحيواني بكلية الزراعة - جامعة الإسكندرية .

ونرجو من الله العلي القدير التوفيق والسداد .

الفصل الأول

الخلية الحيوانية

Animal cell

يتركب جسم الكائن الحي من مجموعة أجهزة Systems تؤدي وظائف الحياة المختلفة مستقلة من ناحية ومتضامنة مع بعضها من ناحية أخرى . وكل جهاز يتكون من أعضاء خاصة مكونة من أنسجة Tissues مختلفة مركبة من وحدات دقيقة لا ترى إلا بالمجهر وأصغر تلك الوحدات هي الخلية The cell .

ولم يكن ممكناً دراسة التركيب الدقيق للكائنات الحية قبل اكتشاف المجهر عام ١٥٩٠م بواسطة جانسن Jansen . ولقد استطاع الانجليزي روبرت هوك Robert Hooke عام ١٦٦٥م أن يميز في قطعة من القللين عدداً من الغرف الصغيرة أطلق عليها اسم خلايا cells التي أخذت عن كلمة لاتينية هي cella وتعني الحجرة الصغيرة . وفي عام ١٨٣٩م وضع العلماء الألمان وخاصة عالم النبات شليدين Schleiden وعالم الحيوان شوان Schwann نظرية تكوين الكائنات الحية من خلايا .

وبدراسة الخلية اتضح أنها بالإضافة لكونها وحدة تركيبية فإنها وحدة فسيولوجية أيضاً . أي تقوم بجميع الوظائف التي تميز الكائن الحي فهي تتغذى وتتحرك وتنمو وتنفس وتخرج وتنفع وتكاثر وإن كان بعض الخلايا يفقد إحدى هذه الوظائف . فالخلايا العصبية والعضلية لا تتكاثر في الفقاريات . فكأن جسم الكائن الحي يستمد تركيبه ووظائفه من مجموع تلك الوحدات التركيبية والوظيفية وهي تتعاون لكي يستطيع الجسم أن يؤدي وظائفه كوحدة .

شكل وحجم الخلية : Shape and size

شكل الخلية الحيوانية مختلف ومتغير كثيراً فبرغم أنها غالباً ما تكون كروية ولكن قد تكون متعددة الزوايا ، أنبوبية ، مكعبة ، اسطوانية ، بيضاوية ، مستديرة أو منطولة . وفي بعض الخلايا قد يوجد هذب أو زيل . وشكل الخلية يختلف من عضو لآخر . وحتى خلايا العضو الواحد قد تكون مختلفة الأشكال بما يخدم وظيفة العضو . وهذا الاختلاف في الشكل يرجع لغشاء الخلية أو لاتصالها بخلايا أخرى مجاورة ، بالإضافة إلى أن البيئة الداخلية أو الخارجية تؤثر على شكل الخلية .

حجم الخلايا الحيوانية غالباً ما يكون ميكروميكروبي ويتراوح بين ١٠ - ١٠٠ ميكرون . ولكن قد يقل عن ذلك ويكون نحو ٧ر٥ ميكرون كما في خلايا الدم الحمراء بالإنسان وقد يزيد فيبلغ ٣٠ مم كما في بيضة الدجاجة أو ١٧٥ مم كما في بيضة النعامة . وتوجد علاقة بين سطح الخلايا وحجمها فكلما زاد حجم الخلايا قلت قدرة جدرها على توصيل المواد الغذائية إلى المركز وعلى إخراج مخلفات عملية التمثيل الخارج . لذلك تحافظ الخلية على حجمها بطريقة ذاتية .

تركيب الخلية ووظيفة مكوناتها Structure and Function :

تتركب الخلية من غشاء خارجي cell membrane يحيط بالسايتوبلازم cytoplasm والنواة Nucleus . وبالسيتوبلازم توجد مواد حية وغير حية كثيرة (شكل ١-١) .

(أ) غشاء الخلية cell membrane :

يحيط بالمحتويات الخلوية غشاء بلازمي يلعب دوراً هاماً في المحافظة على حياة الخلية وحمايتها من المؤثرات الخارجية فضلاً عن إعطائها الشكل المميز ووصلها بالخلايا المجاورة . ويظهر الغشاء كخطين منفصلين سمك كل منهما ٢٥ أنجستروم ويفصلهما فراغ أكثر قليلاً في السمك .

ويتكون غشاء الخلية كيميائياً من الدهون والبروتينات والماء . الدهون توجد في صورة فسفوليبيدات وكوليسترول وتشكل الفسفوليبيدات نحو ٥٥ - ٧٥ ٪ من جملة الدهون المكونة للغشاء حيث توجد في صورة ليسيسين وسفالين . وتترتب الدهون في صورة طبقتين من الفسفوليبيدات، الأطراف الحرة للأحماض الدهنية المكونة لها تتجه لبعضها البعض بينما الجلسرين ومجموعة الفوسفات يتجهان إلى الخارج (شكل ١-١) . ويتحد كل جزئي من الفسفوليبيدات مع جزئي الكوليسترول الذي يعتقد بأنه عامل مساعد في ربط هذه الجزيئات ببعضها وملء الفراغات بينها . ووجود الفسفوليبيدات بغشاء الخلية يمكن أن يكون له دور هام في إنتاج الطاقة اللازمة للانتقال النشط للمواد عبر غشاء الخلية وضد منحني التركيز . ويحيط بطبقتي الفسفوليبيدات طبقتين من البروتين أحدهما على السطح الداخلي والآخر على السطح الخارجي لغشاء الخلية . وقد يكون جزء من هذا البروتين في صورة أنزيمات . ويعزي للبروتين خاصية مرونة وثبات غشاء الخلية . وهناك احتمال بوجود كربوهيدرات مع الجزء البروتيني .

يتخلل غشاء الخلية ثغور يتراوح قطرها بين ٧-١٠ أنجستروم . وهي تلعب دوراً هاماً

في مرور المواد خلالها من وإلى الخلية وخاصة في حالة الانتقال بطريقة الأسموزية وذلك للمواد التي يقل قطر جزيئاتها عن قطر الثغرة . ويبدو أن الثغرة تشبه القناة المتعرجة الواصلة بين السطح الداخلي والخارجي للغشاء .

وقد يوجد على سطح الخلية خملات أو أهداب Villi وهذه تساعد في زيادة سطح الغشاء البلازمي وبالتالي تساعد على مرور المواد خلاله إما بالامتصاص أو الإخراج كما هو الحال في بعض أسطح القناة الهضمية . كذلك قد توجد أهداب متحركة Cilia تكون عبارة عن امتدادات لسطح الخلية وهي توجد في الخلايا الطلائية المبطنة للقنبة الهوائية والجهاز التناسلي . ويحمل الغشاء البلازمي للخلية شحنة كهربائية موجبة على السطح الخارجي وشحنة سالبة على السطح الداخلي . كما أن ثغور الخلية تحمل جدرانها شحنات كهربائية بعضها موجبة والأخرى سالبة .

غشاء الخلية له قدرة على اختيار المواد التي تمر خلاله . فهو يميز بين أيونات الصوديوم والبوتاسيوم ورغم تشابه جزيئات العنصرين في الحجم الجزيئي والشحنة الكهربائية . فهو يسمح لأيونات البوتاسيوم بالمرور لداخل الخلية بينما يعترض سبيل أيونات الصوديوم رغم ارتفاع تركيز أيونات البوتاسيوم بداخل الخلية وانخفاض تركيز الصوديوم ، مما دعا للاعتقاد بأن عملية مرور تلك الأيونات أكثر من أن يكون مجرد نفاذية Permeability بل هي عملية تخضع لنشاط حيوي خاص بالخلية سمي بالنقل النشط Active transport للاعتماد على الطاقة . المواد كبيرة الحجم يمكنها الدخول في بعض الخلايا بواسطة عملية بلع ميكانيكية Pinocytosis حيث يتقعر غشاء الخلية للداخل مكوناً شكل قناة تنجرف لداخلها المادة كبيرة الحجم ثم تغلق فوهة الأنبوبة محاصرة تلك المادة ، ويلتحم الغشاء الخارجي مخلفاً داخله المادة المبلوعة داخل سيتوبلازم الخلية .

(ب) السيتوبلازم Cytoplasm :

السيتوبلازم عبارة عن مادة معقدة غير متجانسة التركيب تشغل المساحة بين غشاء الخلية والنواة . ويتكون أساساً من وسط مائي أو محلول غروي يتكون من مواد غير عضوية مثل الماء وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم والفوسفات والمعادن الأخرى ومركبات عضوية مثل الأنزيمات ، الهرمونات ، الأحماض الأمينية ، الأحماض النووية والمواد الغنية بالطاقة ATP . كما قد تحتوي بعض الخلايا على مواد أخرى مثل الهيموجلوبين ، حبيبات النشا ، الأصباغ ، الدهون والمواد الإفرازية . وفي السيتوبلازم تنتشر أيضاً جسيمات عديدة لها وظائف هامة مثل الشبكة الأندوبلازمية ، الريبوسومات ، أجسام جولجي ، الليسوسومات ، الميتوكوندريا ، السنتروسوم

والكينيتوسوم . وتقوم هذه الأجسام بدور رئيسي في حياة الخلية يمكن تلخيصها في الآتي :

١ - الشبكة الأندوبلازمية Endoplasmic reticulum : عبارة عن مجموعة متداخلة من الأنابيب والقنوات تمتد داخل السيتوبلازم وتتصل ببعضها في بعض المناطق وتتفصل في مناطق أخرى . وتتكون جدرانها من أغشية بلازمية تشبه غشاء الخلية . وهي تتصل بغشاء النواة وغشاء الخلية . وتنقسم تلك الأنابيب إلى نوعين الأول منهم هو الشبكة الخشنة rough endoplasmic reticulum ويوجد عليها حبيبات يتراوح قطرها بين ١٠٠ - ١٥٠ انجستروم وتكون ملتصقة على السطح الخارجي لتلك القنوات . وقد توجد تلك الحبيبات في صورة حرة عائمة في السيتوبلازم خاصة بالخلايا النامية . وتسمى هذه الحبيبات بالريبوسومات Ribosomes حيث أنها غنية بالحامض النووي الريبوزي RNA وهي المكان المتخصص في تخليق البروتينات ولذلك نجد أنها تكثر بالخلايا المتخصصة في إنتاج البروتين مثل الكبد والبنكرياس . النوع الثاني هو الشبكة الناعمة Smooth endoplasmic reticulum . وهي خالية من الحبيبات الريبوسومية وغالباً ما تكون متصلة بالجزء الخارجي من غشاء النواة وأحياناً بغشاء الخلية حيث تشابها في التركيب . وفي بعض الخلايا يبدو أنها تتصل بجهاز جولجي أو ترتبط مع الميتوكوندريا .

وتقوم الشبكة الأندوبلازمية بالإضافة لدورها في تخليق البروتينات والجليكوجين بتوصيل النبضات الكهربائية الناجمة عن تغير تركيز كلاً من الصوديوم والبوتاسيوم كما هو الحال بالخلايا العضلية والعصبية . ويعتقد بأن الشبكة الأندوبلازمية تقوم بتوصيل المواد من الغشاء الخلوي لغشاء النواة والعكس وذلك لتسهيل خروج نواتج الهدم التمثيلي من مركز الخلية للخارج .

٢ - جهاز جولجي Golgi apparatus : عبارة عن مجموعة من الأنابيب المتداخلة تشبه في الشكل الخارجي الشبكة الأندوبلازمية غير أنه خالي من الحبيبات الريبوسومية . وهو يتركز بالقرب من النواة خاصة في الخلايا الغدية . جدر جهاز جولجي سميك ويبلغ سمكها نحو ٢٠٠ انجستروم وتحتوي على قدر أعلى من الليبيدات .

ويقوم هذا الجهاز بتخزين وإفراز المواد الخلوية (الجليكوبروتينات ، السكريات العديدة المخاطية ، الأنزيمات والهرمونات) ولذلك يوجد أحياناً متضخم نتيجة لتخزين تلك المواد .

٣ - الـيسوسومات Lysosomes : عبارة عن أجسام كروية يحيط بها غشاء بلازمي ويتراوح قطرها بين ٠.٢٥ - ٠.٨٠ ميكرون . وتحتوي على أنزيمات محللة توجد ملتصقة بالجدار ولا تخرج من الـيسوسوم إلا بعد تهشم غشاؤه . ويعتقد بأن الـيسوسوم ما هو إلا جهاز الهضم الخلوي للجزيئات الكبيرة الحجم مثل الدهون والبروتينات والكربوهيدرات التي تبتلعها الخلية وتحولها لمركبات دقيقة يمكن أكسنتها بواسطة أنزيمات الميتوكوندريا لإنتاج الطاقة . ويقوم الـيسوسوم بحماية الخلية من فعل الأنزيمات المحللة حيث يحجز أنزيمات الهضم عن باقي مكونات الـسيتوبلازم . وجرح هذا الجدار يؤدي لخروج تلك الأنزيمات وامتزاجها مع مكونات الـسيتوبلازم مما يؤدي لتحلل الخلية .

٤ - الميتوكوندريا Mitochondria : عبارة عن أجسام اسطوانية أو قصبية الشكل يتراوح قطرها بين ٠.٥ - ١ ميكرون وطولها يبلغ ٠.٥ - ٧ ميكرون . ويختلف عددها من خلية لأخرى وفي خلايا الكبد وجد أنها تحتوي ٢٥٠٠ ميتوكوندريا بكل خلية . وللميتوكوندريا جدارين يشبه غشاء الخلية ويبلغ سمك الداخلي منهم ٦٠ - ٨٠ أنجستروم ويمتد للداخل مكوناً صفائح أو عوارض Crests مزدوجة الجدار ومتداخلة مع بعضها في الترتيب (شكل ١-١) . وهذا يزيد السطح الداخلي المنتج للطاقة . الجدار الخارجي مكون من طبقة سمكها ٦٠ أنجستروم وتتفصل عن الجدار الخارجي بغراغ .

تتكون الميتوكوندريا كيميائياً من البروتينات والدهون والفسفوليبيدات والأحماض الأمينية والبروتينات النووية (غالباً ما تكون RNA وقليل من DNA) . والميتوكوندريا تعد مركز الأكسدة بالخلية وتكوين المركبات الغنية بالطاقة مثل الـ ATP ، حيث أنها تحوي الأنزيمات اللازمة للأكسدة والفسفرة والمرتبطة بإنتاج الطاقة .

٥ - الجسم المركزي Centrosomes : تحتوي الخلية على السنتروسومات أو السنترولات Centrioles وهي عبارة عن جسمين ليفيين مغلفين يقعاً بالقرب من النواة . ويبلغ قطر كل منهما ٢ ميكرون ويقوما بدور هام في عملية انقسام الخلية حيث يعملان كأجسام مستقطبة تساعد في فصل الكروموسومات .

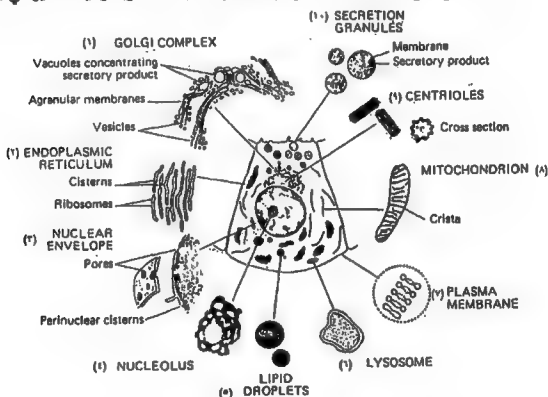
٦ - الكينيتوسومات Kinetosomes : الكينيتوسومات أو الحبيبات القاعدية Basal granules توجد في الخلايا ذات الأهداب Cilia أو الأسواط Flagella . وهي عبارة عن جزيئات صغيرة قد تحتوي على الـ DNA والـ RNA وتتصل بقواعد الأهداب

أو الأسواط ومنغمسة بالميتوبلازم ويخرج منها ليفات دقيقة تمتد داخل الهيب المتحرك . ويبلغ عددهما نحو ١١ ليفة (٢ مركزيان وتسعة مرتبة بشكل دائري حولهما) . وتقوم هذه الألياف بوظيفة مشابهة للألياف العضلية حيث تعمل على انقباض وانسحاب حركة الأهداب .

(ج) النواة : Nucleus

النواء عبارة عن جسم كروي أو بيضاوي الشكل يوجد بداخل الميتوبلازم في وسط الخلية . وهي تحوي المادة الوراثية بالخلية وكذلك تنظم أنشطة الخلية مثل تخليق البروتين ونمو وتكاثر الخلايا .

ويغلف النواه جدار مزدوج يشبه الغشاء البلازمي ويوجد بين طبقتي الجدار مسافة سمها ١٠٠ - ١٥٠ أنجستروم. وتوجد فتحات أو ثغور بالطبقة الخارجية يبلغ قطرها ١٠٠ أنجستروم تفتح جهة السيتوبلازم. وتسهل هذه الثغور حركة الجزيئات كبيرة الحجم للكلالاتجاهين. وتتصل الطبقة الخارجية للجدار بالشبكة الأنوبلازمية مما يوحي بأن



شكل ١-١ : رسم توضيحي للخلاية الحيوانية النموذجية ومكوناتها . (عن جالونج) .

- (١) جهاز جوليس (٢) الشبكة الإلكترونية (٣) غشاء الفولاذ (٤) القوية (٥) قطرات الدم (٦) اليوسوم (٧) اللحاء البلاستي (٨) الميكروبيديا (٩) السنترول (١٠) حبيبات الفلزية

جدار النواه قد يساهم في تكوين الشبكة الأندوبلازمية . كما أن السوائل خارج الخلية تمر خلال الشبكة الأندوبلازمية وتحيط بالنواه في الفراغ الموجود بين جداري غشائها مما يسهل للنواه الاتصال الخارجي .

ويوجد داخل النواه الكروموسومات Chromosomes التي تتكون أساساً من مادة الحامض النووي الديكس ريبوز التي تعد المادة الحاملة للصفات الوراثية والتي يبلغ عددها في الإنسان ٤٨ وفي الدجاج ١٨ وفي الكلاب ٧٨ . وعند بدء انقسام الخلية تترتب هذه الكروموسومات في شكل خيوط كروماتينية Chromatin . كما يوجد داخل النواه نوية Nucleolus وقد توجد نويتان وهي أجسام كروية ممتلئة بحبيبات تشبه الريبوسومات ووجد أنها غنية بالحامض النووي الريبوزي .

وتسيطر النواه على نقل الصفات الوراثية للكانن الحي وكذلك على كثير من نواحي التحول الغذائي ، فإذا أزيلت من الخلية ماتت هذه في وقت قصير . كما أن النواه المعزولة لا تستطيع تكوين الميتوبلازم فتتموت بدورها .

وظائف الخلية Cell functions :

تقوم خلايا الجسم بوظائف عديدة . وقد تقوم خلية ما بواحد أو أكثر من هذه الوظائف اعتماداً على موقعها وعلى تركيبها . وأهم الوظائف التي تقوم بها الخلايا :

- ١ - الإفراز ، ٢ - الامتصاص ، ٣ - النفاذية ، ٤ - الابتلاع ، ٥ - التخزين والحمل ، ٦ - الحماية ، ٧ - الدعم ، ٨ - الحركة ، ٩ - الانقباض ، ١٠ - التوصيل و ١١ - الإحساس بالضوء .

١ - الإفراز Secretion : الإفراز عبارة عن تحرر مادة جديدة من الخلية . وقد يتم الإفراز من خلايا وحيدة أو خلايا متجمعة في صورة غدة . الغدد الإفرازية قد تكون خارجية الإفراز Exocrine أو داخلية الإفراز Endocrine . النوع الأول يحرر إفرازاته عبر قناة إلى سطح أو لتجويف عضو في الجسم (مثل مرور إفرازات الغدد اللعابية إلى تجويف الفم أو مرور عصارات البنكرياس إلى الأمعاء الدقيقة) . وإفراز هذه الغدد قد يكون مادة بسيطة كحامض الأيدروكلوريك الذي تفرزه الخلايا الجدارية Parietal cells بالمعدة ، أو قد يكون مادة معقدة مثل البروتينات (الأنزيمات) التي تفرزها خلايا العيون البنكرياسية أو الأمعاء . النوع الآخر من الغدد هو الغدد الصماء فيفرز رسل كيميائية أو هرمونات Hormones تمر من الغدة للدم الذي يوصلها لموضع التأثير . وهذه الهرمونات مختلفة التركيب

والفعل وتفرز من غدد عديدة مثل النخامية ، الدرقية ، الأدرينال والغدد الجنسية وغيرها ، وتتم عملية الإفراز عن طريق إحاطة الحبيبات المفترزة بجزء من غشاء الخلية وانفصاله بدون تهشم الخلية Merocrine .

٢ - الامتصاص Absorption : الامتصاص يحدث في الأمعاء والقنوات البولية بالكلية وعقب هضم المواد الغذائية بواسطة الأنزيمات المحللة التي توجد بتجويف الأمعاء . فمثلاً الدهون تتحلل لأحماض دهنية وجلسريدات أحادية والبروتينات تتحلل للأحماض أمينية ، تمر هذه المواد عن طريق الانتقال النشط عبر غشاء الخلية ومنه إلى الأوعية الليمفاوية .

أما في القنوات البولية فيحدث إعادة امتصاص كثير من المواد مثل الماء والجلوكوز والصوديوم حتى لا تفقد في البول . وهذا يتم عن طريق النقل النشط بمساعدة أنزيم الأدينوزين ثلاثي الفوسفاتيز ATP - ase .

٣ - النفاذية Permeability : المرور السريع للمواد الغذائية ولنواتج عملية التمثيل الغذائي لداخل أو خارج الخلية له أهمية كبيرة . ويحكم معدل مرور المواد عبر الخلية سمكها ونفاذية أغشيتها . وفي الشعيرات الدموية بالرئة والكلية فإن عائق المرور يقل لانني حد بصغر قطر الخلية . النفاذية قد تتم بواسطة الرشح الناجم عن وجود ثغور pores بغشاء الخلية أو لوجود طاقات Fenestre أو بواسطة النفاذية الاختيارية .

٤ - الابتلاع Phagocytosis : بعض الخلايا لها القدرة على التهام بعض المواد وهضمها داخل السيتوبلازم بمساعدة أنزيمات محللة خاصة . هذه الخلايا مثل خلايا الدم البيضاء وخلايا الجهاز البطني الشبكي تتميز بوفرة محتواها من الليسوسومات التي تضم الأنزيمات المحللة للأجسام الغريبة كالبيكتريا وخلايا الجسم الميتة وغيرها وبذلك فهي تعمل على حفظ الدورة الدموية خالية من الأجسام الغريبة وتشكل نظاماً دفاعياً ضد الأمراض والالتهابات .

٥ - الحمل والتخزين Carriage and storage : بعض الخلايا تخصص في تخزين ونقل المواد إلى أماكن خاصة بالجسم ولتقوم بأغراض خاصة . وفي مثل هذه الخلايا قد تظل المواد المخزنة محتفظة بتركيبها ومظهرها الخاص ، وأحياناً ينعكس تركيب المواد المخزنة والنشاط التمثيلي للخلية على تركيب عضياتها السيتوبلازمية . ومن هذه الخلايا كرات الدم الحمراء التي تنقل الأكسجين من الرئة لأنسجة الجسم في حين تنقل ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم للرئة

بمساعدة الهيموجلوبين . كذلك فإن خلايا الأنسجة الدهنية تخزن الدهن ليس فقط بغرض فائدته كعازل ولكن أيضاً كمصدر للطاقة .

٦ - الحماية Protection : تقوم خلايا الجلد بوظيفة حماية الجسم من الأضرار الخارجية المختلفة ، فغياحه أو تلفه كما يحدث عند التعرض للحرق يتبعه آثار مميّنة . كما أن الجلد يحمي الجسم من خطر فقد السوائل والبروتينات من الأنسجة العميقة عن طريق استمرار إعادة تجديد طبقاته وكذلك تجمع الكيراتين Keratin في خلاياه .

٧ - الدعم Support : تقوم الأنسجة الضامة (الخلايا ونواتجها) بالجسم بوظيفة ميكانيكية . ففي هذه الأنسجة تكون نسبة الخلايا قليلة في حين أن المواد بين الخلايا والألياف تكون غالبية . صفة المطاطية للأنسجة الضامة تعزي لوجود ألياف تكونها خلايا الأنسجة الضامة في المادة بينخلوية . وهذا عكس الأنسجة الطلائية التي تكون فيها الخلايا هي الوحدة الفعالة وظيفياً وبذلك تصبح هي الغالبة في تركيب الأنسجة . وفي الأنسجة الضامة الرخوة لا يكون للمادة بينخلوية تركيب معين في حين أنه في العظام والغضاريف تكون جامدة ولها وظيفة ميكانيكية .

٨ - الحركة Movement : بعض الخلايا لها قدرة على الحركة . فالأميبا تتحرك بواسطة عمل أقدام أو نتوءات خارجة من جسمها تجاه الهدف المرغوب . شكل هذا الحيوان يتغير نتيجة لحركة الجزيئات بالمستوبلازم . وعلى العكس فالبراميسيوم يحتفظ بشكل جسمه ثابت نسبياً ويتحرك بمساعدة أهداب Cilia تخرج من الجسم وهذه الحركة تنتج أيضاً من حركة الجزيئات .

وفي الحيوانات المتطورة فإن الخلايا المهيدة توجد في أماكن خاصة حيث يكون فعلها مفيداً . مثل الخلايا الطلائية لسطح القصبة الهوائية ، الشعب الهوائية والممرات الأنفية حيث تسهل الأهداب تخلص هواء التنفس من الشوائب . كما أن بعض الخلايا مثل الحيوان المنوي لها ذيل Tail يتركب من عدة ليفات Filament ويعمل على تسهيل حركة الحيوان المنوي خلال القناة التناسلية الأنثوية . وتعتبر العضلات وحدة حركة الحيوان وتتركب من مجموعة من الخلايا العضلية المترتبة في شلوك ليفات رقيقة تشكل نميماً يقوم بحركة الحيوان . وتحتاج الحركة لمصدر طاقة غالباً ما يكون الأدينوزين ثلاثي الفوسفات .

٩ - الانقباض Contraction : تقوم بعض الخلايا بوظيفة الانقباض والانبساط مثل

الخلايا العضلية التي تتكون من ليفات تقصر وتطول لتلائم انقباض العضلات .
كما أن الخلايا الطلائية العضلية Myoepithelial cells كذلك الموجودة بحويصلات
اللبن بالضرع تنقبض وتنسبط مما يسهل عملية طرد اللبن عند الرضاعة أو
الحليب .

١٠- التوصيل Communication : تقوم الخلايا العصبية بتوصيل الاحساسات أو
المثيرات من أماكن الاستقبال إلى مكان الاستجابة عن طريق تغير طبيعي كيميائي
يسمى الإشارة العصبية التي تنتقل على زوائد الخلية .

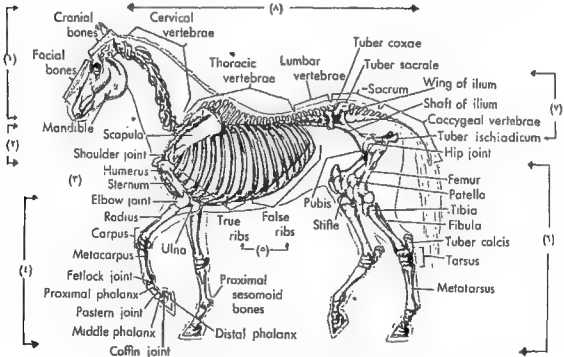
١١- الإحساس بالضوء Photoreception : يعتبر الضوء هو الوسيلة التي تستخدمها
الحيوانات للحصول على معلوماتها عن البيئة المحيطة عن طريق مستقبلات
الضوء بالعين . ومستقبلات الضوء بالعين هي العصي Rods والمخاريط Cones
التي تقوم بتحويل طاقة الضوء إلى تغير كيميائي ينتج عنه إشارة عصبية تذهب
للدماغ .

الفصل الثاني الجهاز الهيكلي The Skeltal System

الجهاز الهيكلي أو الهيكل العظمي Skeleton هو دعامة الأجزاء الرخوة من الجسم . ويتكون أساساً من العظام التي تتصل بها العضلات ، وهذه يتم عن طريقها انقباض وانبساط هذا الهيكل وتكون مع الهيكل العظمي الجهاز الحركي . بالإضافة لهذا فإن الهيكل العظمي يحمي كثيراً من الأعضاء الرقيقة مثل المخ والحبل الشوكي وأعضاء الحس والقلب والرئتين .

تركيب الهيكل العظمي في الثدييات : Plan of skeleton

ينقسم الجهاز الهيكلي إلى هيكل محوري Axial skeleton يضم الجمجمة Skull والفقرات Vertebrae والقص Sternum والضلوع ribs . والجزء الآخر هو الهيكل



شكل ١-٢ : الهيكل العظمي للخيول (عن فرانسيسون)

(١) الجمجمة (٢) العظام الكعبي (٣) القص (٤) الأطراف الأمامية (٥) الضلوع (٦) الأطراف الخلفية (٧) العظام الحوض (٨) العمود الفقري

الطرفي Appendicular skeleton ويضم الأطراف الأمامية Fore limbs والأطراف الخلفية Hind limbs (شكل ١-٢) .

أولاً : الهيكل المحوري Axial skeleton :

ويضم الجمجمة والعمود الفقري والضلوع وعظام القص .

١ - الجمجمة Skull : تتكون عظام رأس الحيوان من القحف Cranium والوجه Face . والجمجمة هي التي تحمي المخ . وتلعب دوراً هاماً في عمليتي الهضم والتنفس حيث أن عظامها تتصل بعضلات مضغ الطعام . وتتصل عظامها أيضاً بعظام الفك السفلي Mandible . عظام الفك تحمل الضروس وتوفر التجويف الفكي الذي يحتوي هواء ويتصل مع الممرات الأنفية . وعظام الفك السفلي بالماشية بها قواطع يحكم الفك العلوي الخالي منها .

٢ - العمود الفقري Vertebral column : عبارة عن سلسلة عظمية مرنة فردية تتوسط هيكل الجسم من أعلاه وتتصل من الأمام بالرأس ومن الخلف بالذيل . وتسمى العظام الداخلة في تركيبه الفقرات Vertebrae ويستقر به النخاع الشوكي . وهو يعتبر دعامة الجسم من الناحية الظهرية ويهيئ منابت لكثير من العضلات وبخاصة عضلات الظهر كما أنه يحمي النخاع الشوكي . وينقسم العمود الفقري إلى خمسة مناطق هي العنق ، الصدر (الظهر) ، القطن ، العجز والذيل (شكل ١-٢) وفقرات كل منطقة متخصصة في القيام بوظائفها المختلفة . عدد الفقرات بكل منطقة قد يختلف فيما بين الحيوانات المزرعية كما يتضح من جدول رقم ١-٢ .

جدول ١-٢ : عدد الفقرات بمناطق العمود الفقري لبعض الحيوانات المزرعية

نوع الحيوان	العنق	الصدر	القطن	العجز	الذيل
الحصان	٧	١٨	٦	٥	١٥-٢١
الماشية	٧	١٣	٦	٥	١٨-٢٠
الأغنام - الماعز	٧	١٣	٦-٧	٤-٥	١٢-١٨
الجمال	٧	١٢	٧	٤	١٨-٢٠
الخنزير	٧	١٤-١٥	٦-٧	٤	٢٠-٢٣

٣ - الضلوع Ribs : عبارة عن أفراس عظمية معطوطة توجد على جانبي العمود الفقري وترفق به بأطرافها العليا وتتصل بأطرافها السفلية الغضاريف الضلعية التي تتصل الثماني الأولى منها بعظم القص .

٤ - القص Sternum : يكون قاع التجويف الصدري وهو في الخيل على هيئة زورق له سطح علوي وسطحان جانبيان في حين أنه في الثور منبسط وله سطحان علوي وسفلي ولهذا يتميز له الانبطاح الذي لا يتميز للخيل .

ثانياً : الهيكل الطرفي Appendicular skeleton :

يشتمل على التراكيب العظمية التي تقع على جانبي المحور الطولي للجسم وهي الأطراف وأحزمتها فهناك الطرفان الأماميان ويتصلان بالحزام الصدري والطرفان الخلفيان ويتصلان بالحزام الحوضي .

١ - الحزام الكتفي والأطراف الأمامية The pectoral girdle and limb :

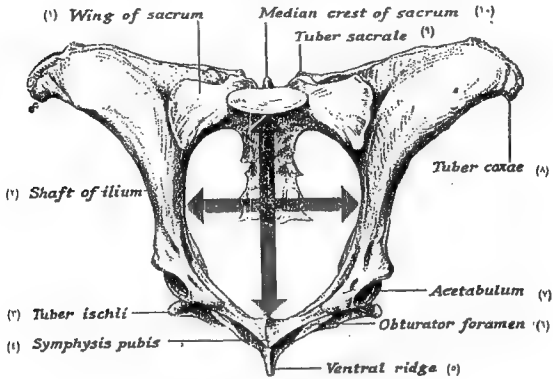
الأطراف الأمامية تتصل ببقية الجسم من خلال الحزام الكتفي الذي يتركب من ثلاثة عظام هي اللوح Scapula ، الترقوة Clavide والغرابي Coracoid . وفي الدواجن توجد الثلاثة عظام ولكن في الثدييات المستأنسة تختزل العظمتان الأخيرتان في صورة نتوءات على اللوح .

الطرف الأمامي كما يتضح من شكل (٢-١) يتكون من العضد (عظم الذراع) Humerus ، الكعبرة والزند Radius & ulna ، وعظام اليد وتضم عظام الرسغ أو الركبة Carpal bone ، عظام المشط Metacarpal bone ثم السلاميات phalanges التي تدعم الأصابع Digits .

٢ - الحزام الحوضي والأطراف الخلفية The pelvic girdle and limb :

في الحيوانات الكبيرة يتكون الحزام الحوضي من جزئين ملتحمين في الوسط ويتكون كل منهم من ثلاثة عظام هي العظم الحرقفي Ilium من أعلى ويتم فصل مع الفقرات القطنية ويكسو سطحه العلوي عضلات الكفل ولحافته العليا زاوية داخلية تعرف بزاوية الكفل وأخرى خارجية تعرف بزاوية الخصر ، ثم العظم العاني Pubis من الناحية البطنية وهو أصغر العظام الثلاثة ويكون مقدم قاع الحوض وعليه تستقر المثانة وأخيراً العظم الوركي Ischium الذي يكون مؤخر عظام الحوض . وتكون حافته مع نظيرتها المقابلة القنطرة الوركية Ischial arch . وتنتهي هذه الحافة بالنتوء الوركي Tuber ischii (شكل ٢-٢) .

الطرف الخلفي يتكون من الفخذ Femur ، القصبة Tibia والشفية Fibula ، عظام العرقوب (الرسخ) Tarsus (hock) والقدم Metatarsus (شكل ٢-١) .



شكل ٢-٢ : عظام للحوض في البقرة والذي من خلاله يمر الجنين عند الولادة في الإناث - الأنثى تشير إلى أقصى اتساع عرضي وطولي للحزام الحوضي (عن فرانسيسون)

(١) جناح العجز (٢) فسيحة الحوض (٣) الفتحة الورك (٤) ارتفاق عاني (٥) الحرف البطني (٦) الفخذ الساد (٧) الحرف الحوضي (٨) البروز الورك (٩) البروز العجز (١٠) البروز الوسطي للعجز

مكونات العظام : Composition of bone

بصفة عامة تتكون العظام من مادة غير عضوية تمثل نحو ثلثي مكونات العظام والثلث الباقي هو المكونات العضوية . ويعتبر الماء أحد المكونات غير العضوية الهامة والتي تشكل نحو ٤٥٪ من وزن العظام . وهذه النسبة ترتفع في الحيوانات المزرعية إلى حوالي ٥٠٪ وتقل عن ذلك في الإنسان (٣٩٪) . والحيوانات النامية تحتوي عظامها على نسبة أعلى من الماء . وتعتبر المعادن المكون غير العضوي الثاني وتمثل نحو ٢٥٪ من وزن العظام . معظم هذه المعادن تكون في صورة كالمسيوم (٣٦٪) ، فوسفور (١٧٪) وماغنسيوم (٨٪) وغيرها من المعادن .

المادة العضوية غالباً ما تكون البروتين (٢٠٪ من الوزن) والدهون (١٠٪ من

للوزن) وبعض المواد الهامة الأخرى . ونحو ٩٠ - ٩٦% من المكونات العضوية توجد في صورة كولاجين Collagen وسكليروبروتين Scleroprotein غير قابل للذوبان ، ومواد أساسية أخرى .

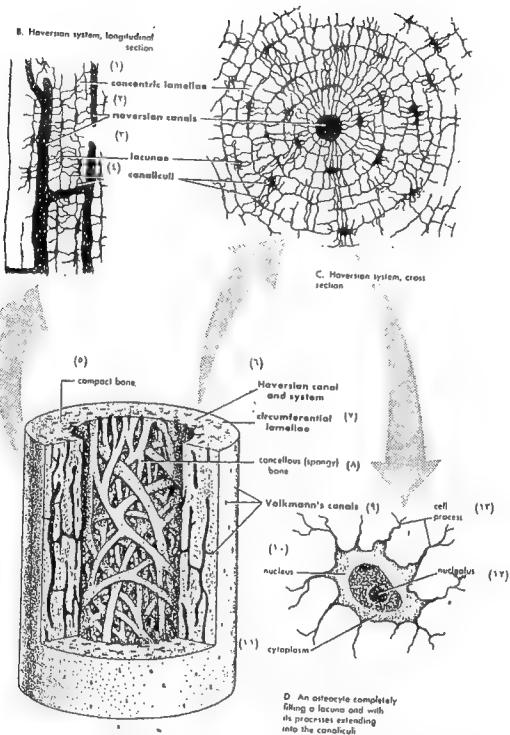
تركيب العظام : Structure of bone

تتركب العظام أساساً من أنسجة عظمية صلبة لتراكم أملاح الكالسيوم غير العضوية في المادة البينخلوية . وينشأ معظم العظم من الغضروف حيث يتآكل الغضروف الجنيني تدريجياً ويسمح للخلايا العظمية المتكونة بأن تنمو فيه بكثرة وتغزوا المسامات العظمية وتبدأ في ترسيب أملاح الكالسيوم حول هذا الجزء المتبقي من الغضروف .

العظم الكامل يختلف في التركيب حيث يوجد نوعان من العظم هم : العظم الإسفنجي Spongy bone والعظم الكثيف Compact or dense bone . ويتكون العظم الإسفنجي من نسيج عظمي على هيئة أشرطة أو عوارض كلسية متداخلة تحصر بينها فجوات تمتلئ بنخاع أحمر Red marrow . وهو غالباً ما يوجد بداخل التجاويف المركزية للعديد من العظام وخاصة قرب نهاية العظام الطويلة . وينشأ كل العظم في البداية كعظم إسفنجي ولكن يصبح بعض العظم بعد ترسيب أكثر للأملاح عظماً كثيفاً . ويظهر العظم الكثيف جلياً تماماً للعين المجردة خاصة في جدر معظم عظام الجسم . ويوجد كلا النوعين من العظم في العظام الطويلة المكونة للجسم .

يوجد بالعظم الكثيف قنوات طويلة تمتد موازية للمحور الطولي للعظم تسمى بقنوات هافرس Haversian canal تحتوي على أوعية دموية وأعصاب وتنظم حول هذه القنوات محافظ تحتوي على الخلايا العظمية Osteoblasts . وتوصل بين هذه المحافظ قنيات Canaliculi تمتد فيها زوائد الخلايا . وتتحد زوائد الخلايا عن طريق القنيات فتكون نسيجاً خلوياً متصلاً . وترسب أملاح الكالسيوم التي تفرزها الخلايا العظمية على هيئة صفائح عظمية Bone lamellae وتوازي قنوات هافرس . فكان كل قناة محاطة بعدد من الصفائح والمحافظ التي تتصل بقنيات ويكون هذا كله جهاز هافرس Haversian system . وتظهر هذه المجاميع كالدوائر في القطاع العرضي (شكل ٢-٣) . وحيث أن هذه الدوائر تترك مسافات فإن هذه تكون مشغولة بصفائح عظمية ومحافظ فقط بدون قنوات .

العظام الطويلة مثل تلك الموجودة في الأطراف والزند والكعبرة والقصبة وغيرها تتركب من ثلاثة قطع : ساق Diaphysis في الوسط وكردوسين Epiphysis في



شكل ٢-٣ : التركيب الداخلي للظام الطويلة (A) حيث يظهر تكوينها من عظام كثيفة من الخارج وإسفنجية من الداخل . وفي الشكل أيضاً قطاع طولي (B) وعرضي (C) لأجهزة هافرس والخلية العظمية (D) . (عن فرانسيسون)

(١) صلتح مركبة (٢) قنوات هافرس (٣) محفظة عظمية (٤) قنوات (٥) عظم كثيف (٦) قنوات وأجهزة هافرس (٧) صلتح محفظة (٨) عظم إسفنجي (٩) قنوات هركمان (١٠) نواة (١١) سيتوبلازم (١٢) نوية (١٣) روائد الخلية

الأطراف . والساق تكون مجوفة يحتوي تجويفها على نخاع العظام Bone marrow .
وتتركب الساق من عظم كثيف وإن كانت أجزائها الطرفية تتركب من عظم إسفنجي .
أما الكردوسان فيتركبان من عظم إسفنجي محاط بعظم كثيف (شكل ٢-٤) .

نمو العظام : Growth of bone

نمو العظام عملية معقدة تشمل هدم داخلي بواسطة خلايا العظم الأكلة Osteoclasts
والترسيب خارجياً بواسطة الخلايا المولدة للعظم Osteoblasts . وكلا العمليتين تحدثان
تلقائياً وإنك يكبر ويتسع تجويف النخاع الداخلي نتيجة لتآكل العظم بينما يترسب العظم
الجديد من الخارج . ويتأثر نمو العظام بالعديد من العوامل بعضها وراثي أو متعلق
بالحيوان والبعض الآخر متعلق بالبيئة والرعاية . وهذا يتضح في الآتي :

١ - العوامل الوراثية :

يختلف الهيكل العظمي لأجناس الحيوانات المختلفة في الشكل وطول وقطر
وعدد العظام . غير أن نظام ترتيب واتصال العظام ببعضها داخل الجنس تهيه
للحيوان أحسن نظم تلائمه في الحياة .

ويؤثر التركيب الوراثي للحيوان داخل النوع الواحد على تركيب العظام
فالأفراد القزمة Dwarf تنصف بهيكل عظمي صغير عن الطبيعي ، في حين أن
الأفراد العملاقة يتصفون بهيكل عظمي كبير مقارنة بالطبيعي . ولقد ظهر أن هذه
الأفراد تحتوي دهما على مستوى من الهرمونات (هرمون النمو ، الباراثرمون ،
الأنسولين والكولي كالسيفرول) مختلف عن الطبيعي ، الأمر الذي يوحى
باختلاف تركيبها الوراثي . كما أن بعض هذه الحالات قد ترجع لأمراض ربما
تصيب الحيوان خلال مرحلة النمو .

٢ - تأثير الهرمونات :

نمو وتطور العظام بسيطر عليه عدداً من الهرمونات المفروزة من الغدة
النخامية ، والدرقية ، وجارات الدرقية ، الأدرينال والغدة الجنسية . فإزالة الغدة
النخامية أو الدرقية يتبعه تأخر نمو العظام وإعطاء هرمون النمو أو هرمونات
الدرقية يؤدي للنضج المبكر للعظام . غير أن هرمون النمو يشجع نمو العظام فقط
في حين أن الثيرونكسين يشجع نمو وتكلس العظام . نقص هرمون النمو أو
الثيرونكسين وفيتامين « أ » والكالسيوم يؤدي إلى قلة تكوين الكولاجين .

هرمون الباراثرمون المفرز من الغدة جارات الدرقية ينشط الخلايا العظمية
الأكلة وبالتالي يشجع هدم العظام وتوفير الكالسيوم وزيادة مستواه بالدم .

ويشجعه في عمله هذا هرمون الكولي كالسيفرول (مشتق فيتامين « د ») . أما هرمون الكالسيتونين المفرز من الدرقية فهو يثبط نشاط الخلايا العظمية الأكلة ويشجع ترسيب الكالسيوم بالعظام . هذه الهرمونات مسئولة عن المحافظة على مستوى ثابت للكالسيوم بالدم .

زيادة إفراز الكورتيكوتروبين ACTH أو الكورتيزول تؤخر عملية بناء العظام والأنسجة الضامة . كما أن هرمونات الأستروجين تعتبر عاملاً مثبطاً لنمو العظام إذا زاد إفرازها عن المعدل الطبيعي .

٣ - تأثير التغذية :

يعتبر النسيج العظمي من الأنسجة الحساسة لنوع الغذاء ، حيث أن نقص الغذاء أو نقص مكوناته يؤدي لخلل في نمو العظام . زيادة مستوى الطاقة بالغذاء يقلل من نسبة الرماد بعظام الأغنام أما البروتين فإنه يؤثر على معدل امتصاص الكالسيوم .

تؤاخر الفيتامينات بالعطيق من الأهمية بمكان لنمو العظام . فيتامين أ . يعتبر عاملاً هاماً لنمو الحيوانات الصغيرة خاصة تلك التي ترضع بديلات اللبن فنقصه يؤدي لضعف تكوين العظام . وفيتامين د . من الفيتامينات الأساسية في نمو العظام الصغيرة حيث أن نقصه يؤدي للكساح Rickets في الحيوانات الصغيرة . ويفيد تعرض الحيوانات الصغيرة للشمس في توفير حاجة الحيوانات من فيتامين د . عن طريق تحول مركب ٧ - ديهدروكوليسترول في الجلد إلى فيتامين ٣ د . أما فيتامينات ب . للمركب فهي هامة لنمو العظام حيث أنها تنشط ميتابولزم الخلايا العظمية .

ومن العناصر الغذائية الهامة المعادن وخاصة الكالسيوم والفوسفور اللذين يدخلان في تكوين كربونات وفوسفات الكالسيوم بالعظام . ويوجد نحو ٩٠ ٪ من إجمالي الكالسيوم وحوالي ٨٠ ٪ من إجمالي الفوسفات بالجسم في العظام . وترسيب أملاح فوسفات الكالسيوم يكون في وسط قلوي ولذلك يكون امتصاص الفوسفات في الأمعاء في المناطق ذات الحموضة الخفيفة . وتلعب الكلى دوراً هاماً في تنظيم درجة الحموضة والقلوية وبالتالي إفراز أو إعادة امتصاص الكالسيوم والفوسفور . ويساهم هرمونات الباراثرمون والكالسيتونين في تنظيم إخراج الكالسيوم والفوسفور من الكلية .

الغضروف : Cartilage :

الغضروف والعظم هي الأنسجة الدعامية المميزة للفقاريات . وتوجد عدة أنواع من

الغضاريف بالجسم ومنها الغضروف الزجاجي Hayline cartilage الذي يوجد عند أطراف الضلوع وغطاء أطراف العظام وحلقات القصبة الهوائية والشعب الهوائية (شكل ٢-٤) . وهو ذو مظهر شفاف وزجاجي ويتكون من حلقات غضروفية Chondrocytes محاطة بغلاف مركب متماسك من هلام البروتين الذي يحتوي على شبكة من الألياف الفردية ولا يحتوي على أي أوعية دموية .

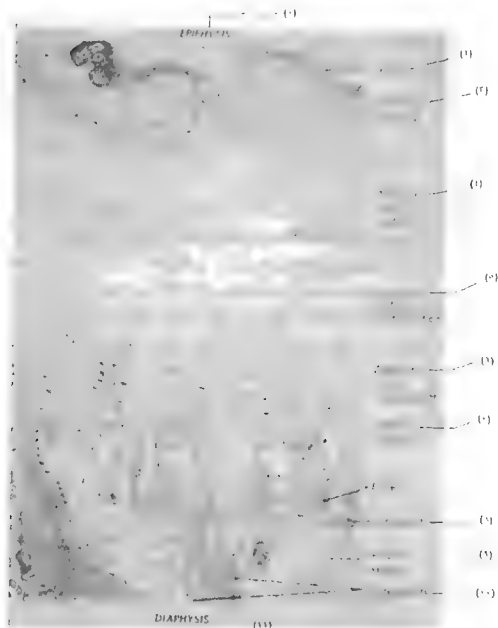
وإذا ما كثرت الألياف الصفراء في هذا النوع من الغضاريف أكسبته مرونة كبيرة كما ترى في صيوان الأذن ونهاية الأنف وعندئذ يسمى بالغضروف المرن Elastic cartilage . وقد تكثر الألياف البيضاء فتكسب الغضروف شدة في المقاومة كما ترى ذلك في الأقراص البينفقرية ويسمى ذلك بالغضروف الليفي Fibro cartilage . وفي كثير من الأحيان ترسب أملاح الكالسيوم في النسيج الغضروفي فيوصف الغضروف بأنه غضروف متكلس Calcified cartilage .

المفاصل Joints :

المفاصل هي الأجزاء التي تتلامس عندها أطراف العظام . وهي إما متصلة أو منفصلة . فالمفاصل المتصلة هي التي تتضام فيها العظام بتضاريس متلاحمة تتخللها طبقة غضروفية أو ليفية رقيقة ويكسوها سمحاق Periosteum واقى كما في عظام الجمجمة . أما المفاصل المتحركة فهي التي تكسو أطراف عظامها طبقة غضروفية ملساء تساعد في تحرك بعضها على بعض وسمحاق كل عظم مستقل به . ويحيط بطرفي ذلك المفصل كيس غشائي Synovial membrane يكون محفوظة مفصلية Articulate capsule تحيط بالعظمتين المتصلتين . كما يفرز السائل المفصلي Synovial fluid الذي يسهل انزلاق العظمتين على بعضهما (شكل ٢-٥) ويتكون المفصل المتحرك من الأجزاء التالية :

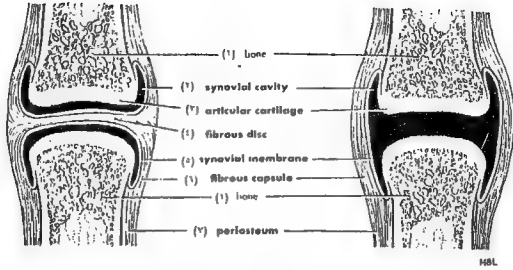
- ١ - السطوح المفصلية للعظم ويتلائم كل منها مع الآخر ، فإن كان أحد الطرفين محدباً يكون الآخر مقعر ، وإن كان في الأول بروز يكون في الثاني تجويف مطابق .
- ٢ - الغضاريف المفصلية Articulate cartilage وتقع عادة بين السطوح المفصلية ولها شكلها ، ووظيفتها تسهيل حركة المفصل .
- ٣ - الأغشية الزلالية Synovial membrane وهي أكياس غشائية رقيقة تحيط بالمفصل وتفرز مادة المفصل الزلالية Synovial fluid التي تسهل حركة سطوح المفصل .
- ٤ - المحفظة الليفية Fibrous capsule وهي عبارة عن حزم ليفية متينة تضم وتحيط بالعظمتين المتصلتين من جوانبهما .

٥ - الأوعية الدموية والأعصاب التي تكون شبكة وعائية حول المفاصل الكبيرة وتنتشر لأطراف العظام الداخلة في تركيبها والأغشية المحيطة بها ولكن لا تنفذ للغضاريف المفصالية . كما تغذيها أوعية لمفاوية عديدة . ويحيط بالأغشية الزلالية شبكة عصبية .



شكل ٢-٤ : مناطق تعظم الغضاريف في النهاية الطرفية لعظام القدم (عن كوبنهاغن وآخرون)

(١) كوندروس (٢) عظم (٣) غضروف متكلس (٤) منطقة الغضروف الاحتياطي (٥) منطقة تكاثر خلايا المصاريب (٦) منطقة تصميم المفاصل (٧) غضروف متكلس (٨) خلايا أكولة (٩) ولاء دموي (١٠) خلايا مرافقة للعظم (١١) سائل .



شكل ٧-٥ : أنواع المفاصل المتحركة (عن فرانكسون)

(١) عظم (٢) تجويف مفصلي (٣) غضروف المفصل (٤) قرص ليفي (٥) غشاء مفصلي (٦) حوصلة ليفية (٧) سمحاق

الفصل الثالث

الجهاز العضلي

The muscular system

الحركة هي الصفة المميزة للحيوان . وتتم الحركة الظاهرة عن طريق انقباض مجموعة من الأنسجة العضلية التي تتصل بالهيكل العظمي وتحدث به الحركات المختلفة . وتنقسم العضلات تبعاً لحركتها لقسمين : عضلات إرادية يسيطر عليها الحيوان ويحركها كيفما شاء وتكون حمراء عادة ، وعضلات لا إرادية ليس للحيوان سلطان عليها وتوجد في أعضاء الجسم الداخلية ولونها باهت ماعدا عضلة القلب . وحركة الحيوانات الفقارية ذوات الأربع يمكن وضعها تحت أربعة أنواع :

- ١ - المشي Walking وفيه يرتفع قدم واحد عن الأرض عند الحركة .
- ٢ - الجري Running وفيه يلمس قدم واحد الأرض عند الجري .
- ٣ - حركة الجمل Pacing وفيها يتحرك القدمين الأمامي والخلفي للجانب الأيمن في آن واحد ثم القدمين الأمامي والخلفي للجانب الأيسر على التوالي .
- ٤ - حركة الخيل Trotting وفيها يتحرك القدم الأمامي الأيمن مع القدم الخلفي الأيسر في آن واحد ثم القدم الأمامي الأيسر مع القدم الخلفي الأيمن وهكذا .

ولحم الحيوانات يتكون أساساً من العضلات وبعض الأنسجة الضامة والدهنية . والحركة عنصر هام لنمو وصيانة وحفظ سلامة العضلات ، فالعضلات التي لا تستعمل تضمر وتضمحل . غير أن الإجهاد العضلي كما يحدث في حالة استخدام الحيوانات للعمل يمكن أن يؤدي لضرر العضلات وينتج من هذه الحيوانات لحم فاقد الطعم سريع التحلل .

أنواع العضلات : Types of muscles

الأنسجة العضلية هي تلك الأنسجة التي لها القدرة على الانقباض والانبساط ، ويؤدي انقباضها إلى الحركة . وهي تنشأ من الميزودرم . وتتكون من وحدات تسمى الألياف العضلية Muscle fibers التي هي عبارة عن الخلايا . وتفقد الألياف أو الخلايا العضلية

القدرة على الانقسام . ويمكن تميز ثلاثة أنواع من الألياف العضلية هي : الألياف الهيكلية Skeletal muscles ، الألياف المصماء Smooth muscles والألياف القلبية Cardiac muscles .

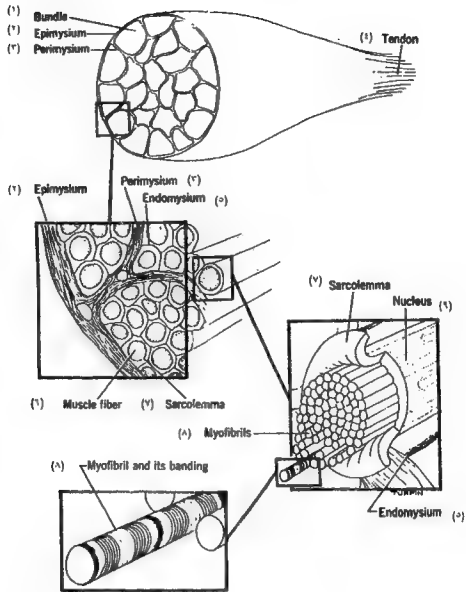
١ - العضلات الهيكلية Skeletal muscles :

سميت بذلك لأنها ترتبط بالهيكل العظمي . وهي المسؤولة عن حركة الجزء والأطراف وأعضاء التنفس والعيون وبعض أجزاء الجسم الأخرى . وتسمى أيضاً بالعضلات الإرادية Voluntary muscle لأنها مزودة بألياف الحركة التي تخضع لإرادة الحيوان . كما أنها تسمى بالعضلات المخططة Striated muscles لأنها تبدو مخططة عرضياً بمناطق فاتحة ومناطق داكنة بالتبادل .

تتركب العضلة الهيكلية من حزم محكمة وقوية من الألياف العضلية التي تمتاز بأنها طويلة جداً واسطوانية. والليفة الواحدة عبارة عن خلية اسطوانية متعددة الأنوية وقد تمتد الأنوية من أول العضلة لآخرها . وتجتمع الألياف مع بعضها لتكون حزم Fascicles تحاط بنسيج ضام Perimysium . وتجتمع الحزم مع بعضها مكونة العضلة المتميزة المحاطة بطبقة رقيقة من النسيج الضام Epimysium . ويكون معظم العضلات الهيكلية مدبب الطرفين حيث يتصلان بالعظام بواسطة الأوتار Tendon . (شكل ١-٣) . ويكون بعض العضلات على هيئة ألواح أو صفائح مقطعة مثل عضلات البطن .

الليفة أو الخلية العضلية تحتوي على عدد كبير جداً من اللييفات العضلية Myofibrils متجمعة مع بعضها البعض ويحيط بها غشاء رقيق يسمى الصفحة اللحمية Sarcolemma (شكل ١-٣) . وتوجد بكل ليفة عضلية عدة مئات من الأنوية التي تقع عادة بطول حافة الليفة العضلية . كما يوجد عدد كبير من الميتوكوندريا التي تسمى أحياناً بالأجسام اللحمية Sarcosomes . وتوجد شبكة من القنويات تسمى بالشبكة اللحمية أو الشبكة الساركوبلازمية Sarcoplasmic reticulum . وكذلك توجد كل المحتويات الخلوية اللازمة لأي خلية حية . وتمتلئ معظم الخلايا العضلية بالليفيات وبعد ذلك تحزم الألياف العضلية في حزمة واحدة يتراوح قطرها بين ١-٢ ميكرومتر .

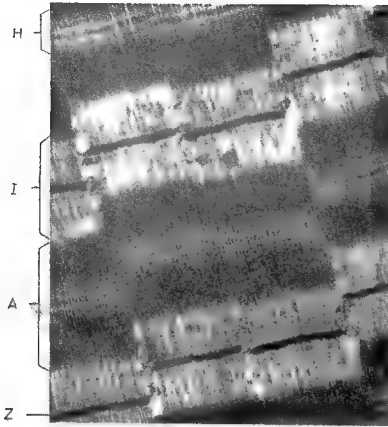
وعلى الليفة العضلية تتبادل الأقراص أو الأشرطة الفاتحة مع الأشرطة الداكنة Light & dark bands وتسمى أشرطة I وأشرطة A على التوالي (شكل ٢-٣) وهذا يكسب الليفة شكلاً مخططاً عرضياً . وكل قرص مضئ يقسم بقرص رفيع آخر هو قرص Z ، كما أن كل قرص معتم يقسم بقرص رفيع آخر هو خط H .



شكل ١-٣ : رسم تخطيطي للعضلات الهيكلية وإيفاتها (عن فرانكسون)

(١) حزمة عضلية (٢) سمح صام يحيط بالعضلة (٣) سمح صام بين الحزم (٤) وتر (٥) سمح صام يحيط بالحرمة (٦) ليفة عضلة (٧) سمرة لحمية (٨) ليفات عضلة (٩) الليفات

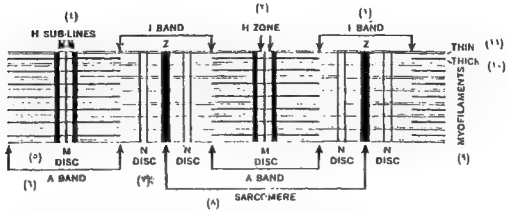
ويسمى الجزء من الليفة الواقع بين غشائي Z بالقطعة اللحمية Sarcomere وهو الوحدة الوظيفية في الليفة العضلية .



شكل ٣-٢ : صورة مكبرة للعضلة الهيكلية بالترتيب موضحة حزم H ، I ، A وأفراس Z . (عن كوبنهاغن وآخرون)

تتكون اللييفة العضلية Myofibril من تجمع عدد من الوحدات الصغيرة جداً والمتوازية والتي تسمى بالخيوط العضلية Myofilaments (شكل ٣-٣) . ويوجد منها نوعان : الخيوط السميكة Thick filament (قطرها ١١٠ أنجستروم وطولها ١.٦ ميكرون) . وتكون متوازية وتبعد عن بعضها بمقدار ٤٥٠ أنجستروم وهي تتكون أساساً من الميوسين Myosin . والخيوط الرفيعة Thin filament (قطرها ٥٠ أنجستروم وطولها ٠.٥ ميكرون) وتتكون من بروتينين الاكتين Actin . وتقع خيوط الميوسين السميكة في منطقة الأشرطة المعتمدة (A) في حين تتركز خيوط الاكتين الرفيعة في منطقة الأشرطة الفاتحة (I) ولكنها في نفس الوقت تمتد إلى حد ما داخل منطقة الأشرطة المعتمدة (A) . وهذه الخيوط هي المسؤولة عن انقباض

العضلة . ويتكون الخط Z من نوع بروتيني كثيف يختلف عن كل من الاكتين والميوسين ، وهو يعمل على اتصال الخيوط الرفيعة والحفاظ عليها في مكانها .



شكل ٣-٤ : رسم تخطيطي لتكوين الخيوط العضلية الأربعة بالعضلات الهيكلية (عن فرانسيسون)

(١) الشريط الناتج (٢) المنطقة H (٣) قرص Z (٤) جزئي الخط H (٥) قرص M (٦) الشريط المعتم A (٧) القرص N (٨) قطعة لحمية (٩) خيوط عضلية (١٠) خيوط عضلية سميكة (١١) خيوط عضلية رفيعة

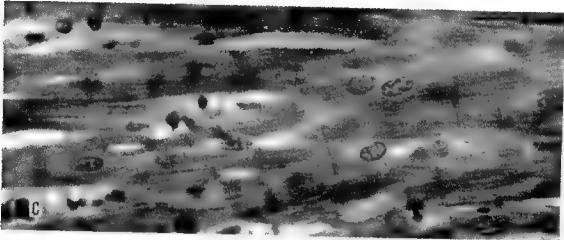
٢ - العضلات الملساء Smooth muscles :

وهي العضلات التي لا توجد بها الخطوط المميزة للعضلات الهيكلية . وتتكون من خلايا طويلة رفيعة مدببة الطرفين وتحتوي كل خلية على نواه واحدة محاطة بكمية صغيرة من الميتوبلازم يسمى بالمادة اللحمية Sarcoplasm . ويمكن أن يميز بالخلية عدد من الخيوط الرفيعة الطويلة هي اللييفات العضلية Myofibrils ذات قطر ٥.٠-٨.٠ انجستروم ويؤدي قصرها لانقباض العضلة ، وتتكون من الاكتين والميوسين . غير أن كمية البروتين المنقبض والمركبات الغنية بالطاقة الموجودة بها تكون أقل عما هو بالعضلات المخططة .

وتوجد العضلات الملساء في جدران القناة الهضمية وقنوات الغدد وفي الغدد التناسلية والمثانة والأوعية الدموية حيث تتركز وظيفتها في دفع المواد في الممرات . وتمتاز العضلات الملساء بحركتها البطيئة وقدرتها على الانقباض لمدة طويلة مع استغلال قدر بسيط من الطاقة ويتحكم الجهاز العصبي الذاتي في حركتها .

٣ - العضلات القلبية Cardiac muscles :

وهي العضلات التي توجد في جدار القلب فقط وتجمع في صفاتها بين صفات العضلات الهيكلية والملساء . فالألياف ليست طويلة ولكنها مستطيلة غير مدببة ولكل ليفة نواه . وتندمج الألياف مع بعضها بواسطة جسور جانبية . ويمتد بين كل ليفتين قرص بيني Intercalary disc واضح . وكل ليفة مغلقة بصفيحة عضلية وإن كانت غير واضحة . كما توجد الخطوط العرضية غير أنها ليس في وضوح الموجودة بالألياف المخططة (شكل ٣-٤) . وانقباض العضلات لا إرادي حيث يقع تحت سيطرة الجهاز العصبي الذاتي ويستمر القلب في النبض حتى بعد فصل كل الأعصاب الذاتية .



شكل ٣-٤ : صورة للعضلات القلبية - لا إرادية مخططة . (عن فرلندسون)

الصفات العامة للعضلات Properties of muscles :

هناك بعض الصفات العامة التي تتميز بها العضلات بأنواعها الثلاث وهذه تتضمن :
١ - الإثارة Excitability : وتعني القابلية والقدرة على الاستجابة للمنبهات فتصبح نشطة . وتكون العضلات المخططة أكثر قدرة على الإثارة عن النوعين الآخرين . هذه الاستجابة للمنبهات المختلفة الميكانيكية ، الحرارية ، الكيماوية أو

- الكهربائية يكون المسؤول عن توصيلها في الكائن الحي الأعصاب .
- ٢ - النقل Conductibility : بمجرد أن تنتبه بعض ليفات العضلات بمنبه ذو قوة كافية فإن التنبيه ينتقل في وقت قصير للأجزاء الأخرى ، وتسمى هذه الصفة بالقدرة على النقل . ويكون نقل التنبيه أكثر مرعة في العضلات المخططة عن النوعين الآخرين . وتكون مرعة النقل في الحيوانات ثابتة الحرارة نحو ٦-١٢ متر/ساعة في حين أنها في ذوات الحرارة المتغيرة مثل الضفدعة تكون ٣-٤ متر/ساعة .
- ٣ - الانقباض Contractibility : تظهر أنواع العضلات الثلاثة قدرة على الانقباض والانبساط . ويكون هذين الفعلين الرعشة أو الانتفاضة Twitch . ويمكن تنبيه العضلات بمنبهات ميكانيكية ، حرارية ، كيميائية أو كهربائية . وتكون الأعصاب مسؤولة عن توصيل المنبهات داخل الجسم . وعندما تنقبض العضلات تصبح أقصر واسمك ولكن حجمها الكلي لا يتغير كثيراً . ويكون الانقباض أكثر قوة وسريع في العضلات المخططة مقارنة بالنوعين الآخرين .
- ٤ - التوتر Tonicity : عضلات الجسم لا توجد كلها في حالة استرخاء تام في آن واحد . ورغم عدم ملاحظة مظاهر النشاط ، فإنها توجد في حالة انقباض بسيط والذي يجعلها تقاوم عملية المط . هذا النشاط للعضلة يسمى بتوتر العضلة Muscle tonus .
- ٥ - القابلية للشد والمط Tensility & Elasticity جميع العضلات لديها قدرة على الشد لدرجة معينة . وعندما يغيب السبب المؤدي لشد العضلة فإنها تستعيد حالتها الأولى (الاسترخاء) وهذه القدرة تسمى المطاطية .
- ٦ - عتبة الشعور أو قوة التنبيه Threshold : جميع العضلات تنقبض فقط عندما تتأثر بمنبه ذو قوة معينة ، وأقل قدر من قوة التنبيه والتي يحدث عندها بدأ تنبيه العضلة يسمى عتبة التنبيه Threshold . وأقل منه لا يحدث تنبيه وأعلى منه يحدث التنبيه .
- ٧ - فترة التمرد Refractory period : بعد حدوث تنبيه العضلة تنقضي فترة قصيرة تكون فيها العضلات غير قابلة للانقباض ، وتسمى هذه الفترة بفترة التمرد أو العصيان أو فترة استرخاء العضلات .
- ٨ - فترة الكمون The latent period : وتعني الفترة المنقضية بين التنبيه والانقباض العضلي . والفترة التي تبقى فيها العضلة في حالة انقباض تسمى بفترة الانقباض .

بروتينات الانقباض Contractile proteins :

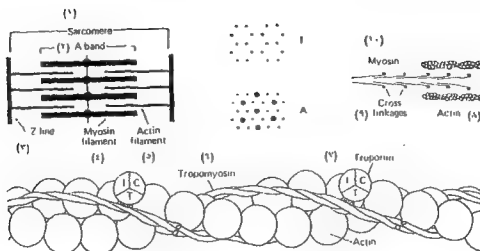
تتكون العضلات من بروتينات تقوم بعملية الانقباض وكذلك من مواد أخرى مثل الكربوهيدرات والدهون والأنزيمات والمواد الغنية بالطاقة والمعادن وهي التي توفر الظروف الملائمة لانقباض البروتينات . وأهم أنواع بروتينات العضلات الأكتين ، الميوسين ، التروبوميوسين والتروبونين .

١ - الأكتين Actin : هو البروتين المكون للخيوط الرفيعة بالليفات العضلية ويبلغ وزنه الجزيئي نحو ٤٠٠٠ . ويوجد في صورة كروية في غياب الأملاح (G-actin) . وهي صورة لها قدرة كبيرة لجذب أيونات الكالسيوم والذي في وجوده تتحول إلى صورة ليفية (F-actin) متجمعة . وكلا الصورتين لهما قدرة كبيرة لجذب جزيئات الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP .

٢ - الميوسين Myosin : هو البروتين المكون للخيوط السمكية بالليفات العضلية ووزنه الجزيئي نحو ٥٠٠ ألف وهو ما يبلغ أكثر من ١٠ أضعاف وزن الأكتين . وأهم صفاته عمله كإنزيم محلل لمركب ATP إلى ADP وفوسفات عضوي . وهو تفاعل ينشطة أيونات الكالسيوم ويثبطه أيونات المغنسيوم .

٣ - التروبوميوسين Tropomyosin : نوع من البروتينات وزنه الجزيئي نحو ٧٠٠٠ . يوجد مرتبطاً مع الأكتين في الخيوط الرفيعة بالليفات العضلية ، حيث يكون معقد خاص مع الأكتين F-actin ويكون شكله مثل العصيات التي طولها ٤٠٠ انجستروم وعرضها ١٢٠ انجستروم .

٤ - التروبونين Troponin : نوع من البروتين ذو الجزيئات الكروية الصغيرة تقع على مسافات في الخيوط الرفيعة مع الأكتين والتروبوميوسين وهو يسمح بتجميع التروبوميوسين النقي . تروبونين T يربط مكونات التروبونين إلى التروبوميوسين ، تروبونين I يثبط تفاعل الميوسين مع الأكتين وتروبونين C يحوي أماكن ربط لأيونات الكالسيوم وبدأ الانقباض (شكل ٣-٥) .



شكل ٣-٥ : تركيب الألياف العضلية . من الجهة الطولية اليسرى يتضح ترتيب خيوط الأكتين والميوسين بالعضلات الهيكلية . حرفاً I و A يمثلان قطاع عرضي خلال حزمة I والجزء الجانبي للحزمة A . وعلى الجانب الطولي الأيمن تفاصيل تركيب الميوسين والأكتين . وأسفل الشكل رسم توضيحي لتوزيع الأكتين ، التروبوميوسين والتروبونين (عن جالولج) .

(١) قطعة لحمية (٢) شريط A (٣) خط Z (٤) خيوط الميوسين (٥) خيوط الأكتين (٦) تروبوميوسين (٧) تروبونين (٨) الأكتين (٩) قطبياً عور . (١٠) الميوسين

ميكانيكية انقباض وانبساط العضلات :

Mechanism of muscle contraction and relaxation

قديماء تصور العلماء أن انقباض العضلات يتم بواسطة حركة روح الحيوان Animal spirits المتبخرة في المخ عن المواد المشتقة من الطعام حيث تطير عبر الأوعية العصبية حتى تصل للعضلات بما يشبه طيران البالون المملوء بالهواء . غير أن علماء البيولوجيا الأوائل في القرن الثامن عشر لم يؤيدوا هذه النظرية حيث أثبتوا أنه عند انقباض العضلات لا يتغير حجمها بدرجة كبيرة ولكنها تقصر وتسمك .

وفي القرن التاسع عشر وضعت عدة نظريات تفسر انقباض العضلات ، أهم تلك النظريات نظرية انزلاق الخيوط The sliding filament theory التي اقترحها هكسلي وهانسون عام ١٩٥٠ Huxley & Hanson . وطبقاً لهذه النظرية فإن الخيوط السمكية تصبح مرتبطة مع الخيوط الرفيعة بواسطة قناطر عبور جزيئية Cross - bridge تعمل

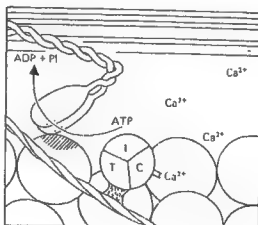
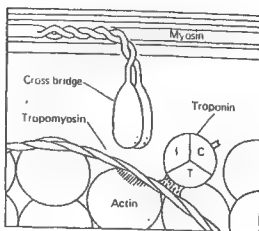
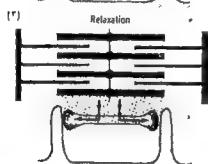
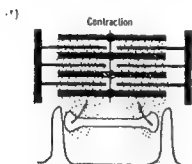
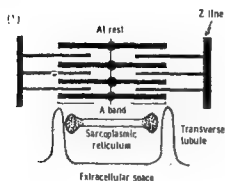
كروافع لجذب الخيوط واحداً بعد الآخر . وأثناء الانقباض تدور قناطر العبور الموجودة على الخيوط السمكية بسرعة للأمام والخلف بالتبادل لتتصل، بأماكن الاستقبال الموجودة على الخيوط الرفيعة ، أو تنفصل عنها ساحبة الخيوط الرفيعة لتتزلق فوق الخيوط السمكية كما يفعل المن في دوران الترس . وباستمرار الانقباض ينحذب الخطان Z لبعضهما البعض ليتقاربا .

الأسلوب المعقد لعملية الانقباض العضلي بانزلاق الخيوط يتضح من فهم تركيب خيوط الألياف العضلية . فكل جزئى ميوسين يتركب من سلسلتين من الببتيدات العديدة ، وكل سلسلة بها رأس كبير كرأس العصا مصففة بجوار بعضها كما لو كانت حزمة لتكون الخيط السميك . الرأسان المزدوجان لكل جزئى ميوسين يتجهان للخارج بالنسبة لوسط الخيط ويعملان كقناطر عبور Cross bridge جزئية ويتعاملان مع الخيوط الرفيعة أثناء الانقباض (شكل ٣-٦) . أما الخيوط الرفيعة فهي أكثر تعقيداً لأنها تتركب من ثلاثة أنواع من البروتينات (شكل ٣-٥) . الجزء الأساسي للخيوط الرفيعة عبارة عن شريط مزدوج من بروتين الأكتين ملتف في لولب مزدوج . تحاط خيوط الأكتين هذه بشريطين رفيعين من بروتين آخر هو التروبوميوسين Tropomyosin ويقع بين التجويف الموجود بين الأكتين . وكل شريط تروبوميوسين يكون عبارة عن لولب مزدوج . البروتين الثالث الموجود بالخيوط الرفيعة هو التروبونين Troponin وهو مركب من كريات تحوي ثلاثة أنواع من البروتين وتقع على مسافات على جانبي الخيوط . وهو يعتمد على أيونات الكالسيوم كمفتاح يعمل كنقطة مراقبة في عملية الانقباض .

ولكن يحدث التقلص لابد وأن تتصل قناطر العبور وأن تتحرك حول محورها وتنفصل ثم تتصل عند نقطة أبعد عن الخيط الرفيع . ويفترض أن العملية تتم بواسطة دورة ربط ثم جذب ثم التحرر . وهذا يتم أولاً باتحاد الميوسين مع الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP ثم ينفصل مكونا ADP وفوسفات وينتج قدر من الطاقة تنشط رأس الميوسين الذي ينحني بزاوية ٤٥ فيتصل بشريط الأكتين المجاور بعد أن يجذبه مسافة ١٠ نانومتر تقريباً . وبلي ذلك اتحاد جزئى آخر من الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP برأس الميوسين مثبتاً المكان فينفصل عن الأكتين ويدور في مكانه ٩٠ درجة .

وتتكرر دورة الربط - الجذب والتحرر مرة أخرى مرات ومرات (حوالي ٥٠-١٠٠ مرة/ثانية) مما يؤدي لجذب الخيوط الرفيعة فوق الخيوط السمكية . وبينما يمكن أن تنقل المسافة الممكنة لكل وحدة عضلية ، وهي صغيرة جداً ، غير أن هذه المسافة تتضاعف بواسطة الآلاف من الوحدات العضلية التي تمتد كل في طرف الأخرى

داخل الليفة العضلية . ولذلك فقد تنقلص العضلة ذات الانقباض القوي إلى ثلث طولها في حالة الاسترخاء (شكل ٣-٧) .



شكل ٣-٧ : تنقلص العضلة ودور أيونات الكالسيوم (النقاط السوداء) في بدأ انقباض الليفات العضلية . (عن جالونج)

(١) عند الراحة (٢) عند الانقباض (٣) عند الاسترخاء

شكل ٣-٦ : طريقة انقباض الليفة العضلية بمساعدة أيونات الكالسيوم . حيث تتصل قناطر العور (رأس جزء الميوسين) بمكان خاص على الأكتين (المنطقة المخططة) ثم يدور عندما يزاح التروبوميوسين جانبياً بواسطة ارتباط الكالسيوم مع تروبونين (عن جالونج) .

إثارة الانقباض العضلي : Stimulation of contraction

تعمل العضلات بنهايات الألياف العصبية التي تنتشر في صورة أقدام أو نهايات محركة Motor end plate . ويتصل كل تفرع بالليفة العضلية بواسطة الاقتران Synapse أو الاتصال العضلي العصبي Myoneural junction والذي يوجد فيه شق Cleft يفصل بين الليفة العضلية والليفة العصبية حيث يفرز فيه مادة الاستيل كولين من نهاية الألياف العصبية عند وصول المؤثر العصبي للاقتران . الاستيل كولين عبارة عن وسيط عصبي كيميائي ينتشر عبر الاتصال الضيق ويؤثر على غشاء الليفة العضلية محدثاً استقطاباً كهربائياً ينتشر بسرعة خلال الليفة العضلية مؤدياً لانقباضها . وبهذا يكون الاقتران العضلي العصبي نقطة كيميائية خاصة تربط بين النشاط الكهربائي للألياف العصبية والألياف العضلية .

وفي حالة استرخاء العضلة بدون إثارة لا يحدث تقلص لأن أشرطة بروتين التروبوميوسين تقع في مكان على خيوط الأكتين بحيث تمنع رؤوس الميوسين من الاتصال بالأكتين . وعندما تثار العضلة بوصول الاستقطاب الكهربائي إلى الشبكة الأندوبلازمية (الشبكة الساركوبلازمية Sarcoplasmic reticulum) التي تحيط بالليفات العضلية ، تتحرر أيونات الكالسيوم . يرتبط بعض أيونات الكالسيوم مع بروتين التروبونين الذي يتعرض في الحال إلى تغيرات تنكيفية بعدها يسمح للتروبوميوسين بأن يتحرك خارجاً من مكان احتجازه لتبدأ دورة اتصال - جذب وتحرر في الحركة ليستمر التقلص طالما أن المؤثر العصبي يصل إلى الاقتران العصبي العضلي . وأن الكالسيوم الحزبيقي متوفراً حول الخيوط الدقيقة . ولكن عندما يتوقف المؤثر فإن الكالسيوم يضح بسرعة عائداً إلى الشبكة الساركوبلازمية ويستعيد التروبونين شكله الأصلي ويتحرك التروبوميوسين عائداً لمكان احتجازه على الأكتين وتنبسط العضلة (شكل ٣-٧) .

طاقة الانقباض العضلي : Energy of contraction

يعتبر مركب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP هو مصدر الطاقة اللازمة للانقباض العضلات . ولكن نظراً لأن محتوى العضلات منه يكفي فقط للانقباض العضلة لفترة جزء من الثانية ، فإن العضلات تعمل على تكوينه من خلال مركب غني بالطاقة هو الكرياتين فوسفات Creatine phosphate وذلك عند توافر مركب الأدينوزين ثنائي الفوسفات ADP كما يتضح من المعادلات التالية :

كرياتين فوسفات —————> كرياتين + حمض فوسفوريك

حمض فوسفوريك + ADP —————> ATP

واحتياطي العضلة من الكرياتين فوسفات ينفذ بسرعة ويجب أن يعاد تخزينه بواسطة أكسدة الكربوهيدرات المخزنة بالعضلات في صورة جليكوجين (٧٥% من جليكوجين الجسم يوجد بالعضلات والباقي بالكبد) . ويتحول الجليكوجين بسرعة إلى جليكوز-٦- فوسفات وهو المرحلة الأولى في السلسلة التنفسية الحادثة في الميتوكوندريا المؤدية لتكوين ATP .

ولقد ظهر أنه في حالة الانقباض العضلي الطويل أو الشديد فإن الجلوكوز يؤكسد تماماً إلى ثاني أكسيد كربون وماء بواسطة عملية التنفس الهوائية . ولكن نظراً لأن التمويل النموي لا يكون كافياً لتوريد كمية الأكسجين الكافية للتنفس الهوائي ، فإن عملية الانقباض تحصل على معظم الطاقة اللازمة لها من عملية التنفس اللاهوائية Anaerobic respiration ويكون من نتيجتها تحلل الجلوكوز إلى حامض لاكتيك وطاقة . وهذه الطاقة تستخدم لإعادة تخليق الكرياتين فوسفات الذي بدوره يمرر الطاقة إلى الأدينوزين ثنائي الفوسفات (ADP) ليعيد تخليق الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) . وينتشر حامض اللاكتيك المتراكم بالعضلات إلى دورة الدم ولكن مع استمرار انقباض العضلات فإن وجود هذا الحامض يؤدي لتثبيط عمل الأنزيمات والإرهاق . غير أن الجسم يقوم بهدم الحامض بأكسده بالأكسجين أو تحويله إلى جليكوجين عند توافر الطاقة . ولقد ظهر أن ٢٠% من كمية الحامض تؤكسد عند توافر الأكسجين منتجة ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة . في حين أن ٨٠% من حامض الأكتيك يستخدم لإعادة تخليق جليكوجين بالكبد والعضلات وأنسجة أخرى . والطاقة اللازمة لهذه العملية يتحصل عليها من أكسدة الـ ٢٠% من كمية الحامض والمابق ذكرها .

الفصل الرابع الدم وسوائل الجسم الأخرى Blood and other body fluids

الحيوانات وحيدة الخلية التي تعيش في البحر تحصل على احتياجاتها الغذائية وتتخلص من فضلاتها مباشرة في البيئة المحيطة بها عن طريق سطح الجسم . ويتطور الحياة وتعد تركيب الكائنات الحية أصبح توفير الظروف الملائمة لكل خلية أكثر حدة . وفي الحيوانات العالية نشأ وظهر جهاز دوري يمر به الدم وكذلك وجدت سوائل أخرى نشق من الدم وتعمل كوسائل لحفظ الظروف المناسبة لكل خلية .

أولاً : الدم Blood

الدم عبارة عن سائل غروي معقد التركيب يوجد داخل حيز مغلق يتكون من شبكة من الأنابيب تسمى الأوعية الدموية Blood vessels يضخ فيها الدم بمساعدة القلب Heart . والدم يعمل كوسط ناقل لمختلف المواد بين أعضاء الجسم المختلفة وكذلك يقوم بتبادل المواد بين أنسجة الجسم والبيئة المحيطة .

وظائف الدم : Function of Blood :

يمكن تلخيص وظائف الدم في النقاط التالية :

- ١ - نقل الأكسجين من الرئتين للأنسجة وثنائي أكسيد الكربون من الأنسجة للرئتين . وتعتبر الرئتين السطح الذي يتم عنده تبادل الغازات بين الدم وهواء التنفس .
- ٢ - نقل المواد الغذائية الذائبة من الأمعاء للكبد أولاً ثم بعد ذلك لأجزاء الجسم الأخرى .
- ٣ - نقل فضلات الأنسجة وهذه تضم مواد عديدة ناتجة عن عملية التمثيل الغذائي ويقاؤها يعتبر ضار ولذلك يتم التخلص منها عن طريق الكليتين ، الرئتين ، الجلد والأمعاء .
- ٤ - التكامل الكيماوي حيث تقوم الغدد الصماء بإفراز هرمونات تنتشر للأنسجة الهدف بواسطة الدم . وتقوم هذه الهرمونات بالمساعدة في تكامل الأحداث الفسيولوجية وتناسقها بالجسم .

- ٥ - حفظ تفاعل الجسم (pH) حيث تعمل بروتينات البلازما كمادة منظمة وبذلك تمنع التغيرات الفجائية في حموضة وقلوية الدم .
- ٦ - المساهمة في حفظ الأتزان المائي بالجسم ثابتاً وذلك عن طريق نقل الماء بين الدم والأنسجة .
- ٧ - نقل الحرارة من الأنسجة العميقة لسطح الجسم حيث يمكن أن تفقد وبذلك يساهم في المحافظة على حرارة الجسم ثابتة تقريباً .
- ٨ - الدفاع ضد العدوى . حيث يحتوي الدم على خلايا تمتلك صفات التهامية ونواتج خاصة تسمى أجسام مضادة Antibodies تصارع الميكروبات وكذلك تلعب دوراً وقائياً بعد معادلة سمومها .
- ٩ - منع فقد الدم وسوائل الجسم وخاصة عند التعرض للإصابات وذلك بمساعدة خاصية التجلط Coagulation والتي تقلل الجروح وذلك نتيجة تكوين الجلطة .

تركيب الدم Composition of Blood :

يتركب الدم من مكونين رئيسيين هما الجزء السائل وهو البلازما Plasma والمكون الآخر هو خلايا الدم Blood cells والتي توجد معلقة ولكن غير متصلة ببعضها في البلازما .

(أ) البلازما Plasma :

البلازما عبارة المادة بين الخلايا وهي محلول مائي لزج معقد التركيب لونه أصفر باهت. وتمثل البلازما نحو ٥٥-٧٠٪ من حجم الدم. وهي تضم سائل يسمى السيرم Serum وعامل تجلط يسمى الفيبيرينوجين Fibrinogen كما أنها تحتوي عامل مضاد للتجلط Anticoagulant يسمى الهيبارين Heparin . وفي الإنسان تبلغ الكثافة النوعية للبلازما ١.٠٢٧ في حين أن كثافة الدم ١.٠٥٥ . وتتكون البلازما أساساً من الماء (٩٠٪) ومن مواد عضوية وغير عضوية (١٠٪).نسب هذه المواد موضح في جدول رقم ٤-١ .

المواد العضوية بالبلازما :

من أهم المركبات العضوية بالبلازما هي المشتقات البروتينية مثل الألبومين، الجلوبيولين والفيبرينوجين. وغالباً ما يكون تركيز الألبومين أعلى ويساهم أساساً في تنظيم الضغط الأسموزي . الجلوبيولين يوجد في صورة ألفا ١ ، ٢ ، بيتا وجاما جلوبيولين. وهذه المركبات ضرورية لتكوين الأجسام المناعية المقاومة للأمراض. والفيبرينوجين هام في

تجلط الدم . وتعمل بروتينات البلازما أيضاً كمواد منظمة تساعد على حفظ تفاعل الدم (pH) ثابت تقريباً ومقارب للتعاقل . ولقد فصل من البلازما بعض البروتينات الأخرى تقوم بوظائف هامة في الجسم تشمل البروثرومبين Prothrombin ، الثرمبوبلاستين Thromboplastin والأيزوهيموجلوتينين Isohaemoglutinin ، الأنجيوتنسينوجين Angiotensinogen ، الأمينوجلوبيولين Aminoglobulins والهرمونات البروتينية المختلفة .

توجد بعض المركبات الأخرى بالبلازما وهذه يمكن أن نضعها تحت قسمين :
(١) المواد الغذائية والمساعدة مثل الجلوكوز ، الدهون ، الأحماض الدهنية ، والفيتامينات والهرمونات ، (٢) مخلفات عملية التمثيل الغذائي مثل اليوريا والنواتج الأخرى لتمثيل البروتينات وتكسير الخلايا عند حدوث التهابات .

جدول ٤-١ : متوسط تركيز بعض مكونات بلازما الدم

الحيوان						المكون
الإنسان	الدواجن	الغيل	الماعز	الأغنام	الابل	
١٢٠	٢٠٠	٨٥	٥٨	٦٠	٦٠	الجلوكوز (مجم/١٠٠ مل)
٦٨	٤٦	٦٩	٧٢	٧٣	٧٧٥	البروتين (مجم/١٠٠ مل)
٤٨	١٨	٣٣	٤١	٤٠	٣٤	البيرمين
٢٣	٢٨	٣٣	٢٨	٢٠	٤٠	- جلوبولين
٣	-	٠٣	٠٣	٣	٠٣٥	- فيبرينوجين
٢٥	٢٨	٣٠	٣٧	٢٩	٣٠	نيروجين غير بروتيني (مجم/١٠٠ مل)
٢٠	٠٧	١٧	١٩	١٤	٢٠	نيروجين يوري (مجم/١٠٠ مل)
١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	كرباتينين (مجم/١٠٠ مل)
٢٢٠	١١٥	١٦٥	١٢٠	١٠٥	١٣٠	كوليسترول (مجم/١٠٠ مل)
٥	٣١	-	-	٢٥	٨٥	بيورين (مجم/١٠٠ مل)
١٤٣	١٤٢	١٥٦	١٥٠	١٤٦	١٤٢	صوديوم (ملي مكافئ/لتر)
٤١	٣٧	٤٦	٥١	٤٤	٤٨	بوتاسيوم (ملي مكافئ/لتر)
٥٣	٥٥	٥٣	٥٣	٥٣	٥٧	كالمسيوم (ملي مكافئ/لتر)
٤	٤	٥	٤	٤	٤	فوسفور (ملي مكافئ/لتر)
١٤	٢	-	٢٥	٢١	٢	مغنسيوم (ملي مكافئ/لتر)
٣٣	١٠٥	١٢٤	١٠٥	١٠٠	١٠٤	كلوريد (ملي مكافئ/لتر)
١٢	١٣	٥٢	-	١١	١٢	حمض لكتيك (مجم/١٠٠ مل)

المواد غير العضوية بالبلازما :

مكونات البلازما غير العضوية توجد ذائبة بالماء وتشمل كلوريدات وبيكربونات وفوسفات وكبريتات الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالمسيوم والمغنسيوم . وتوجد أيضاً

كميات بسيطة من الحديد ، الفسفور واليود . وهذه المواد ضرورية لقيام أنسجة الجسم بوظائفها الطبيعية فمثلاً بدون كميات الكالسيوم لا يمكن تجلط الدم في الجروح .

ويمكن الحصول على بلازما الدم بالطرد المركزي لعينة الدم المضاف إليها مانع تجلط الجزء الموجود في قاع الأنبوبة يكون لونه أحمر لترسب خلايا الدم الحمراء في حين أن الجزء العلوي يميل لونه للاصفرار وهو البلازما . فيما بين الجزءين يوجد خط أبيض رفيع يكون عبارة عن معظم خلايا الدم البيضاء . وإذا ترك الدم بعد أخذه بدون إضافة مانع تجلط فإنه يتجلط أو يتخثر طارداً سائل مصفر يسمى السيرم Serum يشبه البلازما في التركيب فيما عدا خلوه من الفيبرينوجين .

(ب) خلايا الدم Blood Cells :

يحتوي دم الفقاريات على ثلاثة أنواع من الخلايا هي خلايا الدم الحمراء Red blood cells (RBC) وخلايا الدم البيضاء White blood cells (WBC) وصفائح الدم Platelets . والأصل الجنيني لمصدر هذه الخلايا واحد وهو النسيج البطاني الشبكي Reticuloendothelial tissue والذي ينشأ منه نوعين من الخلايا (١) خلايا لمفية شبكية وهذه تنشأ عنها الأنسجة التي تكون الخلايا البيضاء اللمفية ، (٢) خلايا نخاعية Myeloblast وهذه تنشأ عنها الأنسجة التي تكون باقي خلايا الدم . عدد خلايا الدم في الأنواع المختلفة من الحيوانات موضح بجدول رقم ٤-٢ .

جدول ٤-٢ : متوسط قيم خلايا الدم في الحيوانات

الحيوان	العدد الكلي		التوزيع النسبي للخلايا البيضاء (% من العدد الكلي)			
	خلايا حمراء ١٠ ^٦ x	خلايا بيضاء ١٠ ^٣ x	متغلة	لمفية	وحيدة	لوسينية قاعدية
الإنسان	٥	٧ مر	٦٥	٢٥	٦	٣
الأنفوس	٧	٨	٢٨	٥٨	٤	٩
الأغنام	١٢	٨	٣٠	٦٢	٢ مر	٥
الماعز	١٣	٩	٣٦	٥٦	٢ مر	٥
الجمالوس	٧	٩	٣٥	٥٤	٤	٤
الجمال	٨٢	٢٠	٣٨	٤٦	٥	٩
الغبول	٩ مر	٩	٤٩	٤٤	٤	٤
الغنازير	٦ مر	١٦	٣٨	٥٣	٥	٣
الواجن	٣	٢٥	٣٠	٥٥	١	١٠
القطط	٨ مر	١٢ مر	٦١	٣٢	٣	٥

١ - خلايا الدم الحمراء (RBC) Red Blood cells :

توجد فقط في الأوعية الدموية . وهي في الثدييات فرصية الشكل مستديرة و عديدة النواة (شكل ٤-١) ومقعر من الجانبين مما يساعد على زيادة مسطح جدارها وبالتالي سهولة تبادل الغازات عبر غشاء الخلية . وخلايا الكلاب واضحة التقعر في حين أن التقعر بسيط في الخيول والقطط وينعدم التقعر في المجترات والخنازير . وتتميز الجمال عن غيرها من الحيوانات المستأنسة في احتوائها على خلايا حمراء بيضاوية الشكل . والخلايا الحمراء غير متحركة ولكن جندها مطاطة مما يساعد على تغير شكلها خاصة أثناء مرورها خلال شعيرات الدم الدقيقة .

الخلية الحمراء مثل البالون الذي يحتوي على نسيج شبكي مرن Elastic stroma يحتوي على الهيموجلوبين Haemoglobin في المسافات البينية . ويحيط النسيج الأساسي غشاء مرن يتركب من مواد دهنية وبروتينية وغير منفذ للغرويات ولايونات الصوديوم واليوناسيوم ولكنه يسمح بمرور أيونات الكلوريد والبيكربونات والأيدروكسيل والأيدروجين واليوريا والجلوكوز .

حجم الخلايا يختلف في الأنواع الحيوانية المختلفة . فأكبر الخلايا حجماً (٧ ميكرون) توجد في الكلاب وأصغرها (٤ ميكرون) توجد في الماعز . كما أن عددها يختلف ليس فقط باختلاف النوع (جدول ٤-٢) ولكن توجد اختلافات كبيرة داخل نفس النوع تبعاً للسلالة ، العمر ، الجنس ، النشاط ، الحالة الغذائية والحالة الإنتاجية والحالة الجوية .

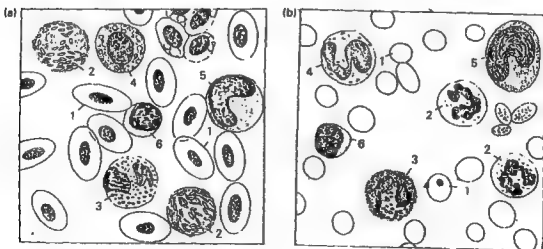
تحتوي خلايا الدم الحمراء على نحو ٦٠٪ من حجمها ماء والجزء الباقي (٤٠٪) يكون عبارة عن مواد صلبة أهمها الهيموجلوبين والذي يكون نحو ٩٠٪ من المواد الصلبة بالخلايا الحمراء . وتتراوح نسبة الهيموجلوبين بين ٩-١٢ جم/ ١٠٠ مل دم تقريباً ولكنها تتأثر بنوع الحيوان فتكون ١٢٪ في الماشية ، ١١٪ في الأغنام ، ١٢٪ في الخيول و ١٠٪ في الدواجن . وهناك بعض العوامل مثل الجنس ، العمر ، فصل السنة والحالة الصحية والإنتاجية تؤثر على هذه النسبة .

وجود الهيموجلوبين بالخلايا الدموية الحمراء هو المسئول عن لونها الأحمر وقابليتها لنقل الأكسجين . فهو يتكون من صبغة الهيم Heme المحتوية على حديد بنسبة ٥٪ وجزء بروتيني هو الجلوبين Globin بنسبة ٩٥٪ (شكل ٤-٢) . وكل خلية حمراء تحوي حوالي ١٨٠ مليون جزيء هيموجلوبين وكل جزيء منهم يمكنه أن يقبل ٤ جزيئات أكسجين . وإذا تصورنا أن البلازما تنقل الأكسجين في غياب الهيموجلوبين فإن

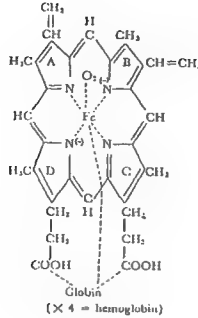
حجمها يجب أن يزيد إلى نحو ٧٠ مرة لتتغل القدر الكافي من الأكسجين . ويتم التقاط الأكسجين بواسطة الهيموجلوبين في الرئتين لتكوين أكسي هيموجلوبين Oxyhaemoglobin . تحرر الأكسجين للأنسجة يؤدي لتكوين الهيموجلوبين المختزل . هذه العلاقات يمكن توضيحها في المعادلة التالية :



الهيموجلوبين يمكنه أيضاً أن يتحد مع ثاني أكسيد الكربون لتكوين مركب الكربامينو هيموجلوبين $\text{HbCo}_2 \rightleftharpoons \text{Hb} + \text{Co}_2$. ويمكن أيضاً للهيموجلوبين أن يتحد مع أول أكسيد الكربون مكوناً كربوكس هيموجلوبين Carboxyhaemoglobin وهو لا يستطيع حمل الأكسجين ويموت الحيوان خنقاً رغم أن الدم يكون لونه أحمر فاقع . وهناك مشتق آخر هو الغينيهيموجلوبين Methaemoglobin يتكون من أكسدة الحديدوز الموجود بالهيموجلوبين إلى حديديك . ويعتبر هذا المشتق ناتج أكسدة حقيقية للهيموجلوبين ولا يستطيع نقل أكسجين لأن الحديد في صورة حديديك (Fe^{++}) وليس في صورة حديوز (Fe^{+}) . ويوجد الهيموجلوبين أيضاً في العضلات ويسمى ميوجلوبين Myoglobin وهو الذي يعطي العضلات اللون الأحمر المميز . وتختلف نسبة وجوده حسب العمر حيث تزيد بتقدم العمر وكذلك حسب النشاط العضلي فتزيد نسبته في العضلات النشطة مثل تلك الموجودة في الأطراف .



شكل ٤-١ : تركيب وشكل بعض خلايا الدم : (a) في الدوائج و (b) في التكتيبات (نقطة)
 ١ - خلايا حمراء ، ٢ - خلايا متعادلة ، ٣ - خلايا أبوسيتية ، ٤ - خلايا قاعدية ، ٥ - خلايا وحيدة و ٦ - خلايا
 لعلية صغيرة [(عن هيث وأولسانيا)]



شكل ٤-٧ : تركيب جزئي الهيموجلوبين (عن فراتنسون)

الخلايا الحمراء تعيش بعد تكوينها في خلايا نخاع العظام نحو ١٢٠ يوم في الإنسان ، ٥٠ يوم في الأرانب والفئران ونحو ١٢٠ يوم في الكلاب . ويتم إتلاف هذه الخلايا في الجهاز البطني الشبكي Reticuloendothelial System وهو عبارة عن خلايا التهابية توجد مبعثرة في الكبد والطحال ونخاع العظام . وفي الحيوان الذي وزنه ٤٥٠ كيلوجرام وعلى أساس أن عمر الخلية ١٠٠ يوم فإن الحيوان يفقد ويخلق نحو ٣٥ مليون خلية كل ثانية .

يؤدي نقص عدد الخلايا الحمراء أو انخفاض معدل تكوينها إلى الإصابة بالأنيميا Anaemia وهو عرض تتعدد مسبباته ولذلك تأخذ عدة مسميات مثل : (١) الأنيميا الخبيثة الراجعة لنقص فيتامين ب ١٢ . (٢) أنيميا نقص الحديد اللازم لتكوين الخلايا الحمراء . (٣) أنيميا غذائية وتنتج عن سوء التغذية وخاصة البروتين . (٤) أنيميا نخاعية وتنتج عن فشل نخاع العظم في تكوين الخلايا الحمراء نتيجة التعرض للأشعة الذرية أو غيرها من الأشعة الضارة .

٢ - خلايا الدم البيضاء (WBC) : White blood cells :

هذه الخلايا كروية الشكل وعديمة اللون ولذلك تسمى Leucocytes وتحتوي نواه وحجمها غالباً ما يكون أكبر من الخلايا الحمراء إذ يتراوح بين ٨ - ٢٥ ميكرون (شكل ٤-١). بخلافها عن الخلايا الحمراء التي تسير بمرعة في منتصف الوعاء الدموي فإن الخلايا البيضاء تسير وتتحرك بجوار جدر الأوعية الدموية . وهذه الخلايا يمكنها التحرك بحرية عبر جدر الشعيرات الدموية الصغيرة للأنسجة المحيطة حيث تقوم بوظائفها الهامة .

ومن أهم وظائف خلايا الدم البيضاء حماية الجسم من الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات الغريبة وهذا يتم إما عن طريق ابتلاع الجسم الغريب Phagocytosis أو عن طريق إفراز أجسام مضادة تعادل المواد السامة التي تفرزها البكتيريا .

عدد الخلايا البيضاء قليل مقارنة بالخلايا الحمراء حيث توجد خلية بيضاء مقابل ٦٠٠ خلية حمراء . وتتكون هذه الخلايا البيضاء في نخاع الأحمر للعظام وفي الغدد الليمفاوية .

ويمكن تقسيم الخلايا البيضاء إلى قسمين رئيسيين هما الخلايا البيضاء المحببة Granulocytes والخلايا البيضاء غير المحببة Agranulocytes وذلك اعتماداً على وجود أو غياب حبيبات مرئية بالميتوبلازم . وتظل الخلايا المحببة نشطة لفترة تتراوح بين ١٠ ساعات إلى ٣ أيام في حين أن الخلايا غير المحببة تظل لمدة تتراوح بين ١٠٠-٣٠٠ يوم .

الخلايا البيضاء المحببة Granulocytes : عبارة عن خلايا كبيرة الحجم ونواتها مقسمة إلى أجزاء يختلف عددها حسب درجة نضج الخلية . وتوجد حبيبات خاصة كبيرة بالميتوبلازم وتنتج هذه الخلايا من نخاع العظام . وتنقسم الخلايا المحببة إلى ثلاثة أنواع اعتماداً على قابلية الحبيبات للصبغ وهي الخلايا المتعادلة Neutrophils ، الأيوسينية (الحامضية) Eosinophils واللقاعدية Basophils .

(أ) الخلايا المتعادلة : أطلق عليها هذا الاسم لأن محتوياتها تشاهد فقط مع استخدام الصبغات المتعادلة ولذلك تسمى Heterophils أو الخلايا البيضاء مفصصة النواه (٣-٥ فصوص) Polymorphonuclear leucocytes وعددها يختلف حسب نوع الحيوان . الحبيبات الموجودة بالميتوبلازم عبارة عن ليسوسومات محتوية على أنزيمات محللة . هذا النوع من الخلايا متحرك وتصل سرعة حركته نحو ٤٠ ميكرون في الدقيقة . الوظيفة الأساسية للخلايا المتعادلة هو التهام الأجسام الغريبة أو البكتيريا عند حدوث الالتهاب أو العدوى .

(ب) الخلايا الأيوسينية : يحتوي سيتوبلازم هذا النوع من الخلايا على حبيبات تصبغ بالصبغات الحامضية مثل الأيوسين . وعدد الحبيبات وشكلها يختلف بين الأنواع وتحتوي هذه الحبيبات على أنزيمات محللة . والنواة مفصصة (فصين) وتصبغ بلون قرمزي غامق . وعددها قليل في الحيوانات الطبيعية ولكن عددها يزيد في حالة الإصابة بالأمراض الطفيلية وفي أمراض الحساسية حيث أن دورها يظهر في تكسير وإزالة سمية السموم ذات الأصل البروتييني .

(ج) الخلايا القاعدية : أقل الخلايا المحببة عدداً وتحتوي حبيبات كبيرة الحجم منتشرة تصبغ بالصبغات القاعدية . النواة غالباً ما تكون مفصصة (على شكل حرف S) . وتحتوي هذه الخلايا على الهيبارين والهستامين ولكن دورها غير معروف تماماً ، غير أنها تزيد في حالة مرض جذري الدواجن .

الخلايا البيضاء غير المحببة Agranulocytes : هذه الخلايا لا تحتوي على حبيبات بالسيتوبلازم والنواة غير مفصصة . وتنقسم هذه الخلايا إلى نوعين هما الخلايا اللمفية Lymphocytes ، والخلايا وحيدة النواة Monocytes .

(أ) الخلايا اللمفية : عددها يختلف حسب نوع الحيوان وتخلق أساساً بالغدد الليمفاوية وجزئياً بالطحال والغدد الليموسية والأغشية المخاطية . الخلايا اللمفية الموجودة بالدورة الدموية مختلفة الأشكال . الخلايا اللمفية الصغيرة تحتوي على نواة كبيرة تصبغ بلون غامق يحيط بها إطار رقيق من السيتوبلازم . الخلايا اللمفية الأكبر والتي ربما يصعب تمييزها عن الخلايا الوحيدة تحتوي على نواة كبيرة أقل كثافة ويحيط بها سيتوبلازم أكثر . الخلايا اللمفية الصغيرة تكون ناضجة وأقل في النشاط الفسيولوجي وقد تتحول مرة أخرى إلى النوع الأكبر أو إلى خلايا البلازما كجزء من الاستجابة المناعية . وفي بعض الحيوانات كالمجترات يكون كلاً من نوعي الخلايا اللمفية الكبيرة والصغيرة شائع في الدورة الدموية ولكن في الحيوانات الأخرى يكون النوع الصغير هو الشائع . وأهم وظائف الخلايا اللمفية هو إنتاج الأجسام المضادة .

(ب) الخلايا وحيدة النواة : هذه الخلايا أكبر الخلايا البيضاء حجماً . وتوجد فيها نواة ذات شكل بيضاوي أو تشبه حبة الفاصوليا . والسيتوبلازم غني نسبياً . وتخلق هذه الخلايا في نخاع العظام والغدد الليمفاوية والأنسجة الضامة وتقوم بدور النهامي مثل الخلايا اللمفية وكذلك تلعب دوراً هاماً في تجهيز المواد مولدة المضاد (الأنتيجينات) للإنتاج الأجسام المضادة بواسطة خلايا البلازما والخلايا اللمفية . وعندما تذهب الخلايا الوحيدة للأنسجة فإنها تتحول إلى خلايا النهامية كبيرة

Macrophages وتصبح جزء من نظام الخلايا الالتهامية وحيدة النواه والذي يوجد في أجزاء مختلفة من الجسم ويسمى حسب موقعه فيسمى خلايا كيفر Kupffer cells بالكبد أو الخلايا الضامة العصبية الصغيرة Microglial cells بالجهاز العصبي المركزي .

٣ - الصفائح الدموية Platelets :

عبارة عن أجسام بيضاوية أصغر حجماً من خلايا الدم الأخرى حيث يبلغ قطرها نحو ٢-٣ ميكرون. وتختص هذه الأجسام بتجلط الدم خاصة في أماكن الجروح حيث تلتصق لتكون سداده في الأوعية الدموية المصابة . كما أنها مسؤولة عن تكوين الثرومبoplastin الضروري لتكوين الجلطة . وهي أيضاً تحوي هرموني الأدرينالين والسيرتونين اللذين يسببا تقلص الشرايين الصغيرة . والصفائح الدموية لا تحتوي نواه فهي عبارة عن أجزاء لخلايا نخاع العظام المسماء بالخلايا العملاقة Megakaryocytes التي تنتجها . وهي توجد في الثدييات بإعداد كبيرة تبلغ ٢٠٠-٦٠٠ ألف/مم^٣ وعمرها قصير ويتراوح بين ٢-٥ أيام . والحيوانات الفقارية الواطنة تحتوي خلايا مغزلية وذات نواه تسمى ثرومبوسيت Thrombocytes تقوم بوظائف الصفائح الدموية .

خواص الدم Blood characteristics :

للم خواص عديدة تميزه عن سوائل الجسم الأخرى ويمكن تلخيص أهم هذه الخواص في الآتي :

١ - حجم الدم Blood volume :

كمية الدم الموجودة بجسم الحيوان تختلف في الأنواع المختلفة من الحيوانات وأيضاً في الظروف الفسيولوجية والبيئية المختلفة . وتتراوح في المتوسط بين ٦-٩% من وزن الجسم (جدول ٤-٣) . وفي الظروف العادية لا يسري الدم كله بالدورة الدموية فهي تحتوي فقط نحو ٥٠% من كمية الدم والجزء الباقي يُخزن بالكبد (٢٠%) والطحال (٢٠%) والجلد (١٠%) . النسبة بين كمية الدم الموجودة بالدورة الدموية والمخزنة ليست ثابتة فهي تعتمد على الحالة الفسيولوجية ونشاط الحيوان ، حيث أنه عند النشاط الزائد أو عند حاجة الأنسجة للدم تزيد كمية الدم التي تسير بالأوعية الدموية . ويتوزع الدم الموجود بالدورة الدموية في الدورة الجهازية (٨٤%) والدورة الرئوية (٩%) والقلب (٧%) .

جدول ٤-٣ : كمية الدم والبلازما بحجم الحيوانات المختلفة

الحيوان	% من وزن الجسم		الحيوان	% من وزن الجسم	
	الدم	البلازما		الدم	البلازما
الإنسان	٧.٥	٥	الأغنام	٦.٧	٤.٧
الخيل	١٠.٣	٦.٣	للقط	٦.٧	٤.٧
الكلب	٩.٢	٥	للدواجن	٦.٥	٤.٦
للماعز	٧.١	٥.٦	للماشية	٦.٢	٣.٧

كمية الدم بالجسم لا يمكن معرفتها بترك الحيوان ينزف حتى الموت نظراً لأن كمية من الدم تبقى بالأوعية الدموية ولا تزال تماماً حتى باستعمال الفسيل . ولذلك تستعمل طرق تعتمد على قاعدة التخفيف Dilution procedures حيث يحقن مقدار معين من مادة خاصة بالدم مثل صبغة إيفانز الزرقاء Evans blue أو الأيودين المشع I^{131} حيث يرتبطا مع بروتينات البلازما . وبعد فترة معينة يعاد تقدير هذه المادة بالبلازما ومن هذه القيم بحسب حجم البلازما . وبمساعدة معرفة قيمة الهيماتوكريت (PCV) يمكن معرفة حجم الدم وذلك بعد إجراء تصحيح لقيمة الهيماتوكريت بضربها في معامل تصحيح ٨٧. نظراً لكمية البلازما التي تهرب منها . كما يمكن معرفة حجم الدم بمعلومية حجم خلية الدم الحمراء وقيمة الهيماتوكريت . وحجم الخلية الحمراء بحسب بحقن مادة مشعة مثل الفوسفور P^{32} ، الحديد Fe^{59} أو الكروميوم Cr^{51} حيث ترتبط مع الخلايا الحمراء . ومن ذلك يقدر تخفيف الخلايا المعلمة مع الوقت . ويتم حساب حجم البلازما والدم باستخدام المعادلات التالية :

$$\begin{aligned} \text{حجم البلازما} &= \frac{\text{مقدار المادة المحقونة}}{\text{تركيز المادة المحقونة بالمليتر}} \\ \text{حجم الدم} &= \text{حجم البلازما} \times \frac{100}{(100 - PCV \times 87)} \\ \text{أو حجم الدم} &= \text{حجم خلية الدم الحمراء} \times \frac{100}{(100 - PCV \times 87)} \end{aligned}$$

٢ - الكثافة النوعية للدم Specific gravity of blood :

الكثافة النوعية عبارة عن نسبة وزن مادة معينة لوزن حجم مساوي من الماء . وهي تقدر عادة باستخدام جهاز الهيدرومتر Hydrometer . المادة التي تزن أقل عن وزن حجم مساوي لها من الماء يكون وزنها النوعي أقل من واحد في حين أنه إذا زاد وزنها عن وزن الحجم المساوي من الماء فيكون وزنها النوعي أعلى من واحد . والدم الكامل تكون كثافته أعلى قليلاً من الماء وهذا يرجع أساساً لخلايا الدم . والخلايا الحمراء تكون أثقل من الخلايا البيضاء وكلاهما أثقل من الماء . وتختلف الكثافة النوعية للدم باختلاف أنواع الحيوانات حيث تكون نحو ١.٠٤٢ في الأغنام ، ١.٠٤٣ في الماشية ، ١.٠٥٩ في الكلاب ، ١.٠٦٠ في الخيول ونحو ١.٠٥٩ في الإنسان .

٣ - تفاعل الدم Reaction of Blood :

تفاعل الدم أو درجة الـ pH تشير لتركيز أيونات الأيدروجين بالدم والتي منها يعرف مدى حموضة أو قلوية الدم . وفي الماء المقطر تكون أيونات الأيدروجين (H^+) وهي الحامضية معادلة للأيونات الأيدروكسيل (OH^-) وهي القاعدية وبالتالي فإن تفاعل الماء (pH) تكون قيمته ٧ مما يشير إلى التعادل .

تفاعل الدم أو قيمة الـ pH يتراوح بين ٧.٣٥ - ٧.٤٥ . وبذلك فهو يميل قليلاً للقلوية والدم الشرياني أكثر قلوية من الدم الوريدي كما أن بلازما الدم أكثر قلوية من خلايا الدم . تغير تفاعل الدم يكون ضعيف وفي حدود ضيقة بسبب وجود المنظمات الكيماوية وأهمها بيكربونات الصوديوم . حيث تتفاعل المواد المنظمة مع الأحماض وتنتج أملاح متعادلة وحامض أو قلوي ضعيف . وهذا يتضح من نظام بيكربونات الصوديوم وحامض الكربونيك الموضح في المعادلتين التاليتين :



هذه القابلية لمعادلة الأحماض تنتج من عمليات التمثيل ويشار إليها بالاحتياطي القلوي كمرادف لتوافر البيكربونات بالدم . ثاني أكسيد الكربون يزاح من الدم عندما يمر بالرئة ، وزيادة التهوية Hyperventilation بإزالة كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون ينتج عنها قلوية مؤقتة تعرف بالقلوية التنفسية Respiratory alkalosis . وفي بعض الحالات المرضية أو الفسيولوجية فإن الاحتياطي القلوي يقل بدرجة تسبب حدوث حالة حموضة Acidosis بالدم تنجم عن وجود زيادة من ثاني أكسيد الكربون بالدم .

٤ - سرعة ترسيب الخلايا الحمراء (ESR) Erythrocyte Sedimentation rate :

عبارة عن اختبار يجري للمساعدة في تشخيص الحالة الصحية للحيوان . حيث يضاف للدم مانع تجلط ، ويوضع هذا الدم في أنابيب تترك رأسية أو مائلة للإمراع من ترسيب خلايا الدم الحمراء وخاصة مع المجترات . وتختلف سرعة الترسيب في أنواع الحيوانات فهي أبطأ في الحيوانات المجتررة عن وحيدة المعدة حيث تكون حوالي ١٠-٢٠ دقيقة في الخيول ، ساعة ونصف في الكلاب ، ١ ساعة في القطط وحوالي ٧ ساعات في الماشية .

التغير في سرعة ترسيب الدم لا يشير إلى وجود حالة مرضية ولكنه يساعد في تقييم الحالة الصحية للحيوان . فقد يترسب الدم بسرعة ولا يظهر على الحيوان أي عرض مرضي وقد تكون قيم الهيموجلوبين والهيماتوكريت عادية . ولكن عادة ما يلاحظ أن سرعة الترسيب تزيد في حالات العدوى العامة الحادة ، مع وجود الأمراض والأورام الخبيثة ، حالات الالتهاب ، نقص نشاط الدرقية وكذلك خلال الحمل .

٥ - الحجم المعبأ لخلايا الدم (PCV) Packed cell volume :

حجم خلايا الدم عادة ما يكون أقل من حجم البلازما . قيم هذه العلاقة التي تسمى أيضاً بقيمة الهيماتوكريت Haematocrit يحصل عليها بإجراء الطرد المركزي لعينة الدم التي عليها مانع للتجلط والموضوعة في أنابيب شعرية . وبعد ذلك يلاحظ في قاع الأنبوبة طبقة الخلايا الحمراء تعلوها طبقة البلازما ويوجد بين الطبقتين طبقة رقيقة من الخلايا البيضاء . ويعبر عن قيمة الـ PCV كنسبة مئوية من حجم الدم الكامل حيث تتراوح قيمها في الحيوانات المستأنسة بين ٣٨-٤٥ ٪ . وتوجد هناك اختلافات نوعية بين الحيوانات حيث تكون في الخيول ٣٥-٣٨ ٪ ، الأبقار ٣٢-٣٥ ٪ . عندما يحدث تركيز لمكونات الدم خلال العطش ، الاختناق أو الإثارة بسبب تحرر خلايا الدم الحمراء من الطحال فإن هذا يؤدي لزيادة قيم الهيماتوكريت حيث أن الإثارة تؤدي لتحرر الالبانغرين الذي يعمل على تقلص الطحال . وتبلغ قيمة الهيماتوكريت نحو ٣ أضعاف قيمة الهيموجلوبين مقدرة في صورة جرام/١٠٠ مل .

٦ - لزوجة الدم Blood viscosity :

تعتمد لزوجة الدم على محتواه من خلايا الدم الحمراء وبروتينات البلازما . وعليه فإن قيمة الهيماتوكريت تعتبر دليلاً على لزوجة الدم . وغالباً ما تكون لزوجة الدم في الأوعية الدموية الكبيرة أعلى من الشعيرات الدموية لاحتوائها على عدد كبير من خلايا

الدم . وتتراوح لزوجة الدم بين ٣-٦ مرات قدر لزوجة الماء وذلك باعتبار أن لزوجة الماء تقدر بواحد . وتزيد لزوجة الدم في الأمراض التي فيها تحدث زيادة في بروتينات البلازما مثل الأمينوجلوبولين وكذلك في مرض تكور خلايا الدم الحمراء الوراثي Spherocytosis والذي فيه تصبح خلايا الدم الحمراء جامدة بصورة غير طبيعية .

٧ - الضغط الأسموزي للدم Osmotic pressure :

الضغط الأسموزي للدم غالباً ما يعادل الضغط الأسموزي لمحلول كلوريد صوديوم تركيزه ٠.٩٪ وهو تقريباً ٧ ضغط جوي . ويتوقف الضغط الأسموزي أساساً على وجود أيونات الصوديوم Na^+ وما يصاحبها من أيونات الكلوريد (Cl^-) والبيكربونات (HCO_3^-) أما الكاتيونات والآنيونات الأخرى فدورها بسيط . ويساهم الجلوكوز وبروتينات البلازما مساهمة بسيطة في الضغط الأسموزي لكبر حجمهم الجزيئي . غير أن مشتقات البروتين مثل اليوريا تساهم بدرجة أكبر في أسموزية البلازما . ومساهمة خلايا الدم في الأسموزية ضعيف ولذلك يمكن الحكم على أسموزية الدم من أسموزية البلازما .

وتقدر الأسموزية بطريقة الانخفاض في درجة التجميد Freezing point depression حيث أن درجة تجمد البلازما تكون عند - ٠.٥٤ م وهو ما يعادل ٢٩٠ ملي أسمول/لتر وهو ما يعادل ٧٣ ضغط جوي . والأسمول عبارة عن الوزن الجزيئي لمادة مبرأ عنه بالجرامات مقسوماً على عدد الجسيمات حرة الحركة لكل جزيء متحرر في المحلول (الملي أسمول = $\frac{1}{1000}$ أسمول) . والأسموزية Osmolality لمحلول تقدر بالدرجة التي يمكن فيها للمحلول تخفيض درجة التجمد عن درجة تجمد الماء . ونقص الأسموزية كما يحدث عند حقن محاليل منخفضة الأسموزية Hypotonic يؤدي لتحلل خلايا الدم الحمراء لانفجار جدرانها . كما أن زيادة الأسموزية Hyperosmolality قد تسبب الغيبوبة .

تجلط الدم Blood coagulation :

يتميز الدم بقدرته على التجلط clotting، وخلال سريان الدم بالأوعية الدموية لا يتجلط ولكنه عندما يتسرب من الأوعية الدموية أو يتعرض للبيئة الخارجية يتحول إلى كتلة جيلاتينية تسمى جلطة دموية Blood clot . والجلطة الدموية تتكون أولاً بتجانب صفائح الدم وتكوين الفيبرين . وتحتوي الجلطة أيضاً على خلايا دموية حمراء وبضياء داخل الشبكة الفيبرينية .

الطريقة التي تحدث بها الجلطة غير معروفة تماماً ولكن النظرية السائدة أن تكوين الجلطة يمر في ثلاثة مراحل هي : (١) تكوين أنزيم الثرومبلاستين Thromboplastin (الثرموبوكيناز Thrombokinas) ، (٢) تكوين الثرومبين Thrombin و (٣) تكوين الفيبرين Fibrin . وتتميز عملية تكوين الجلطة بأنها من التفاعلات المتسلسلة والتي فيها يوجد أربعة عوامل تمثل أساس العملية (عامل I - الفيبرينوجين ، عامل II - بروثرومبين ، عامل III - ثرومبلاستين وعامل VI الكالسيوم) . غير أن هناك عوامل أخرى تتضمنها هذه العملية وموضحة في الجدول رقم ٤-٤ . معظم هذه العوامل تنشط وتساهم في سلسلة من التفاعلات الأنزيمية والتي فيها يقوم العامل النشط بتنشيط العامل التالي .

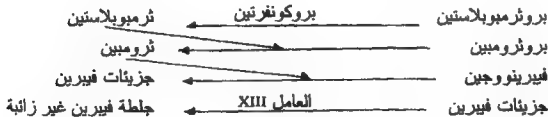
عملية التجلط يمكن أن تتم عن طريق مسلكين تبعاً لطريقة تكوين الثرومبلاستين فقد يتكون الثرومبلاستين من الأنسجة (خارجي) Extrinsic وذلك عندما يؤدي ضمور جدر الأوعية وتلف الخلايا لنزيف في الأنسجة أو قد يتكون من البلازما نفسها (داخلي) Intrinsic وهو ينشأ بعد أن يهتك الدم بأي سطح غريب خلاف جدران الأوعية الدموية (حالة غير طبيعية) . تكوين الثرومبلاستين الخارجي (من الأنسجة) عادة ما يلزمه بالإضافة للكالسيوم عاملين يوجد في جلوبولين البلازما وهما العامل V الذي يوجد في البلازما الطازجة وليس في الميрум والعامل VII الموجودة بالبلازما والميрум . هذه العوامل أحياناً يشار إليها كمسرعات لتحويل البروثرومبين . حيث أنه في غيابهما يتم التحويل للثرومبين ببطء شديد ونقص أيهما يطيل مدة التجلط . أما تكوين الثرومبلاستين الداخلي (داخل أوعية الدم) فإنه يحدث نتيجة لسلسلة من التفاعلات بين عدد من العوامل البلازمية كما هو موضح في شكل رقم ٤-٣ . هذه التفاعلات تحتاج لعدة دقائق خلالها لا يتكون ثرومبين . عامل كريستماس IX وجدانه ينشط بواسطة عاملين آخرين هما عامل هيمجان XII وعامل ثرومبلاستين البلازما السابق (XI) . عامل البروكونفرتين VII الذي هو مسرع للثرموبلاستين الخارجي لا يلزم لتكوين الثرومبلاستين الداخلي في حين أن العاملين X والعامل V يوجد في كلا الحالتين .

الفيبرينوجين ، البروثرومبين والكالسيوم يسيروا في الدم بصفة دائمة حتى تتحرر أو تتكون كمية كافية من الثرومبلاستين لتتفاعل مع البروثرومبين والكالسيوم لتكوين الثرومبين النشط . ويتفاعل الثرومبين النشط مع الفيبرينوجين لتكوين كتلة تشبه الخيوط من خثرة الفيبرين الطري والتي يؤثر عليها العامل مثبت الفيبرين XIII لينتج خثرة جامدة . ويمكن تلخيص خطوات تكوين الجلطة في المعادلات التالية :

جدول 4-4 : العوامل الداخلة في تكوين جلطة الدم

الرقم	الاسم للخاصة	طبيعته ونوعه
I	الفيبرينوجين	بروتين وزنه الجزيئي 400-500 ألف ويكون بالكبد ويوجد في صورة ميسليا تتحد عند تكوين الجلطة لتكوين فيبرين بمساعدة الثرومبين .
II *	البروثرومبين	جليكوبروتين وزنه الجزيئي 69 ألف ويكون بالكبد بمساعدة فيتامين K ويتحول إلى ثرومبين .
III	الثرموبلاستين	ليبوبروتين يتكون بالصفائح الدموية وخلايا الأنسجة ويشجع تحول البروثرومين إلى ثرومين .
IV	أيونات الكالسيوم	هام لتكوين منشط البروثرومين وتكوين الفيبرين غير الذائب .
V	أكسيلريكتور جلوبيولين	ضروري لتحويل البروثرومبين إلى ثرومين .
VII *	البروكونفرين	ضروري لتكوين منشط البروثرومين .
VIII	أنتي هيموفيليك جلوبيولين	ضروري لتكوين منشط البروثرومين ونقصه يسبب سيولة الدم .
IX *	عامل كريستماس	ضروري لتكوين منشط البروثرومين ونقصه يسبب النزيف الوراثي .
X *	عامل ستوارت	يوجد بالبلازما والسيرم ونقصه مسؤول عن حالة النزيف .
XI	ثرموبلاستين البلازما السابق	مسؤول عن تكوين منشط البروثرومين .
XII	عاما هيجمان	ويوجد بالبلازما والسيرم ونقصه يسبب النزيف .
XIII	فيبريناز	يلزم لتكوين منشط البروثرومين ويوجد بالبلازما والسيرم ونقصه يسبب بطيء التجلط .
		أنزيم يسبب تجمع الفيبرين الذائب في صورة فيبرين غير ذائب ونقصه يسبب النزيف .

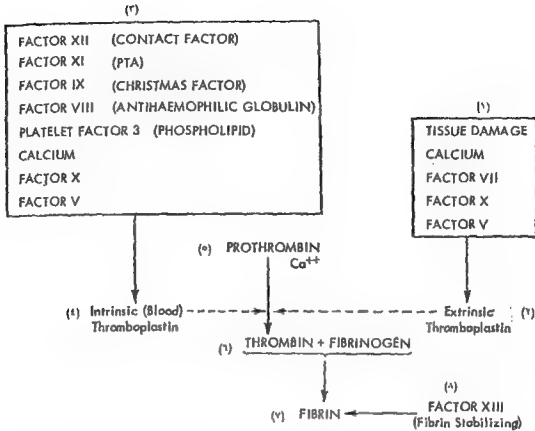
+ العوامل الأربعة الأولى تعرف باسمها ولكن العوامل الأخرى تعرف بأرقامها الرومانية .
 * هذه العوامل تتأثر بالعقاقير المضادة للتجلط (الكومارينات والأندانديونات) والمستعملة في علاج أمراض تجلط الدم .



وهناك عدد من العوامل يمكن أن تمنع تجلط الدم مثل تقلب الدم بقضيب زجاجي يجزئ الفيرين وكذلك تبريد الدم لدرجة الصفر يؤخر التجلط لتداخله مع تكوين الثرومبولاستين . إضافة أملاح الأكسالات والمسترات تتداخل مع تكوين الجلطة لمنعها أيونات الكالسيوم من المساهمة في تكوين الجلطة . هذه العوامل كثيراً ما تستعمل في منع أو تأخير تجلط الدم المأخوذ من الحيوانات .

ويحدث النزيف Bleeding أو فقد الدم عند تعرض الحيوان لضرر يؤدي لانسياب الدم من الدورة الدموية . وقد يحدث النزيف داخل جسم الحيوان مثل نزيف داخل تجويف الجمجمة أو التجويف البريتوني . كما قد يحدث النزيف لخارج جسم الحيوان . ويؤدي النزيف لفقد كمية من الدم يمكن أن يعوضها الجسم إذا لم يزيد مقدار الفقد عن ٣٠٪ من دم الجسم كله . وتزداد خطورة النزيف إذا حدث من الشرايين وبسرعة كبيرة . ويمكن للجسم أن يعوض الدم المفقود نتيجة النزيف إذا كان أقل من ٢٠٪ من دم الجسم وذلك نتيجة تكوين الجلطة التي توقف انسياب الدم وكذلك زيادة سرعة القلب وعمق التنفس . كما يحدث انقباض للطحال لدفع الدم المخزن للدورة الدموية وتنقبض الأوعية الدموية بالجلد والأعضاء الداخلية لتقليل حجم الدم بهذه الأعضاء . على أن الجسم يقوم أيضاً بتعويض فقد الدم بطرق طليئة تشمل امتصاص سوائل الأنسجة وتخليق بروتينات جديدة بالبلازما أولها الفيرين ثم الجلوبيولين ثم الألبومين وكذلك تخليق خلايا دموية بالطحال ونخاع العظام . ويمكن علاج النزيف بإعطاء محلول ملحي تركيزه ٠.٩٪ أو محلول مخفف من الجلوكوز . كما يمكن الحقن بمحلول ملحي يضاف إليه الصمغ العربي تركيزه ٦٪ ولكن أفضل الطرق هي الحقن بالبلازما أو نقل الدم .

مضادات التجلط Anticoagulants تشمل مثبطات المراحل الثلاث الأساسية في تكوين الجلطة مثل مضادات الثرومبولاستين Antithromboplastins ، مضادات الثرومبين Antithrombins ومحلل الفيرين Fibrinolysin . ويعتبر الهيبارين Heparin والبلازمين Plasmin من أشهر وأكثر مضادات التجلط استخداماً . والهيبارين يفرزه الكبد ويعتبر من أقوى مضادات التجلط وفعله يعتمد على تعطيل تحول البروثرومبين إلى ثرومبين وتأثيره على مرحلة تكوين الثرومبولاستين والفيرين . أما البلازمين فهو أنزيم محلل الفيرين إلى مكونات ذائبة، وهناك مركب هريودين Hirudin يستخرج من ديدان العلق الطبي ويمنع التجلط لفعله المضاد لتكوين الثرومبين . وهذه المركبات مضادات للتجلط وذات أصل حيواني غير أن هناك مركبات أخرى مخلقة مثل الداى كومارين Dicumarin الذي وجد في النزة السكرية وهو يثبط تجلط الدم لفعله المضاد لفيتامين K مما يقلل من كمية البروثرومبين بالدم . وفيتامين K ليس مهماً فقط لتكوين الثرومبين ولكن كذلك



شكل ٤-٣ : مراحل تكوين الجلطة - فيها يتضح مسلكي تحول البروثرومبين (عن فراكتسون)

(١) الميليل المؤنذية لتكوين للثرومبولاسين الخارجى (٢) للثرومبولاسين الخارجى (٣) القوميل المؤنذية لتكوين للثرومبولاسين الداخلى (٤) للثرومبولاسين الداخلى (٥) البروثرومبين (٦) الثرومبين + فيبرينوجين (٧) فيبرين (٨) عامل مثبت

العوامل VII ، IX و X بالكبد . وعليه فنقص فيتامين K في غذاء الحيوانات قد يسبب نزيف خطير . ويحصل الحيوان على فيتامين K من الغذاء ورغم أنه يتكون في أمعاء الحيوانات بواسطة البكتيريا ولكن الكمية الممتصة منه تكون بسيطة .

وقت التجلط Coagulation time عبارة عن الوقت المنقضي بين نزول عينة الدم من الأوعية الدموية إلى حدوث التجلط . وهو يبلغ ٣٥ دقيقة في الأغنام والكلاب ، ٦٥ دقيقة في الماشية ، ١١ دقيقة في الخيول ونحو ٥ دقائق في الإنسان على أن هذا الوقت يتأثر بالعوامل التي يتعرض لها الدم عند خروجه من الجسم .

مجاميع الدم Blood Groups :

نقل الدم Blood transfusion عملية المقصود بها إدخال دم فرد إلى دم فرد آخر . وهذا

يحدث عندما يحتاج فرد لدم نتيجة لنقصه أو فقده عند الحوادث أو العمليات الجراحية أو في أمراض الدم . وبداية عملية نقل الدم كانت في القرن الثامن عشر في فرنسا ثم انجلترا حيث كانت عملية نقل الدم قد تتم بنجاح أو تؤدي لوفاة الشخص المنقول إليه الدم . وهو الأمر الذي حدا بالبحاث لدراسة أسباب الوفاة رغم إجراءات التعقيم المتخذة عند عملية النقل . ولم تظهر نتائج هذه الدراسة حتى القرن التاسع عشر حيث اتضح أن فشل عملية النقل يرجع إلى تجمع خلايا الدم الحمراء أو تحللها وهذا يؤثر على الكلية التي تفشل في القيام بوظيفتها الإخراجية وبالتالي يموت الفرد من التسمم . ويرجع الفضل في هذا للرواد مثل بروديه (1896) Bordet ولاندمستينيه (1900) Landsteiner .

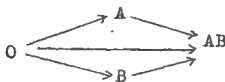
تجمع خلايا الدم الحمراء يرجع لوجود مركبات بروتينية في الخلايا الحمراء تنتج نتيجة الاتصال بمركبات غير متألقة معها توجد بالبلازما وهو تفاعل الأنتيجين - الأجسام المضادة . المواد الموجودة بخلايا الدم الحمراء تسمى أنتيجين Antigen في حين أن الموجودة في بلازما الدم تسمى أجسام مضادة Antibody . الأنتيجين عبارة عن بروتين يستطيع تنبيه إنتاج أجسام مضادة خاصة . والأجسام المضادة من جهة أخرى عبارة عن مواد تنتج في الجسم كاستجابة دفاعية ضد أنتيجينات غريبة ومعينة .

في دم الإنسان يوجد نوعين من الأنتيجينات يطلق عليهما A و B ويوجد في خلايا الدم الحمراء في حين يوجد نوعين من الأجسام المضادة يطلق عليهما مضاد a ومضاد b ويوجد في بلازما الدم . وأنتيجينات الدم عبارة عن جليكوبروتين في حين أن الأجسام المضادة عبارة عن بروتينات خاصة بالبلازما . وتجمع خلايا الدم الحمراء يحدث عندما يلتقي أنتيجين A مع جسم مضاد a وكذلك عندما يلتقي أنتيجين B مع جسم مضاد b . واعتماداً على ذلك فإن العالم لاندمستينيه (1900) Landsteiner اكتشف وجود أربعة مجاميع من الدم في الإنسان وهم :

- نوع A وهو يحتوي أنتيجين A وجسم مضاد b
- نوع B وهو يحتوي أنتيجين B وجسم مضاد a
- نوع AB وهو يحتوي كلا من أنتيجينات A و B ولا يحوي أجسام مضادة
- نوع O وهو لا يحتوي أنتيجينات ولكن يحتوي نوعي الأجسام المضادة a و b .

وبناء عليه فإن مجموعة الدم A يمكن أن تعطى فقط للأفراد الذين لا يمتلكون أجسام مضادة a وذلك يعني أنها تعطى فقط للأفراد ذوي مجموعة الدم A و AB . أما مجموعة الدم AB فهي تعطى فقط للأفراد ذوي مجموعة الدم AB لأنه في جميع الأنواع الأخرى يوجد دائماً أجسام مضادة . مجموعة الدم O تعطى للأفراد ذوي مجموعة الدم O وكذلك لأي أفراد من المجاميع الأخرى لأنه ليس فيها أي أنتيجين من أي نوع . والفرد من

مجموعة الدم O يسمى واهب عام Universal donor في حين أن الفرد ذو مجموعة الدم AB يسمى مستقبل عام Universal recipient -احتمالات النقل بين أفراد المجاميع الأربعة يمكن توضيحه في الرسم التالي (شكل ٤-٤) :



شكل ٤-٤ : احتمالات نقل الدم بين المجاميع المختلفة

وبجانب مجاميع الدم الأربعة السابق ذكرها توجد مجاميع دم أخرى ثبت وجودها حديثاً وهي Rh ، MBS ، P ، ليوثران Lutheran ، كيل Kell ، لويس Lewis ، دفي Duffy وكيد Kidd . ومن أشهر هذه المجاميع من الناحية الطبية هي مجموعة Rh لأنها مرتبطة بأمراض تحلل الدم عند نقله خاصة في المواليد الصغار . ولقد اكتشف هذا العامل عام ١٩٤٠ في نوع من القردة يسمى الريص Rhesus يوجد في نحو ٨٥% من الأفراد . ويطلق عليهم موجبين للـ Rh في حين أن الباقي (١٥%) يطلق عليهم سالبين للـ Rh . وتظهر أهمية هذا العامل عند نقل دم من فرد يحتوي على العامل إلى فرد لا يحتوي عليه مما ينجب عنه تكوين أجسام مضادة لهذا العامل . فإذا أعيد نقل دم يحتوي على هذا العامل لنفس الفرد الذي تكون في دمه الأجسام المضادة فتحدث عنده مضاعفات تشبه تلك التي تحدث عند نقل الدم من غير الفصيلة . كما تظهر أهمية العامل عند زواج سيدة لا تحوي هذا العامل برجل يحتوي دمه عليه وينجم عن ذلك جنين قد يحتوي دمه على عامل الـ Rh . ويمر دم الجنين لدورة دم الأم مكوناً أجسام مضادة في دم الأم تتفاعل مع دم الجنين الأمر الذي يؤدي لموت الجنين أو عند ولادته مباشرة . ويمكن تجنب موت الجنين عند ولادته بواسطة تغير دم الجنين عقب ولادته مباشرة .

ويمكن تحديد مجموعة الدم بأخذ عينتين من دم الفرد يضاف للأولى سيرم يحتوي على الأجسام المضادة a . ويضاف للثانية سيرم يحتوي على الأجسام المضادة b . فإذا تجمعت خلايا الدم في العينة الأولى كانت مجموعة الدم للفرد B . أما إذا تجمعت خلايا الدم في العينة الثانية كانت مجموعة الدم للفرد A . وإذا تجمعت خلايا الدم في العينتين كانت المجموعة AB . وإذا لم تتجمع خلايا الدم في كلا العينتين دل ذلك على أن الفرد من مجموعة دم O .

مجاميع الدم في الحيوانات الزراعية قُسمت على أساس مشابه لما في الإنسان وظهر وجود أكثر من ٦٩ نوع من الأنتيجينات في خلايا الدم الحمراء بالماشية وقُسمت إلى ١١ مجموعة هي :
 S, N, M, L, J, F-V, C, B, A, R-S, Z,
 أما في الأغنام فوجد أنها تحوي ٧ مجاميع دم هي :
 A, B, C, X-Z, R-O, M, D
 وفي الخنازير يوجد بها نحو ١٥ مجموعة دم هي :
 O, N, M, L, K, J, I, H, G, F, E, D, C, B, A

ثانياً : الليمف Lymph

غالبية السائل الذي يمر خلال جدر الشعيرات الشريانية للأنسجة المحيطة يعاد امتصاصه بواسطة الشعيرات الوريدية . الجزء الباقي يكون عبارة عن سائل الأنسجة الذي يبقى في المسافات النسيجية . سائل الأنسجة الزائد والذي لا يمتص بواسطة الشعيرات الوريدية يمر إلى جهاز من الشعيرات الليمفاوية Lymph capillaries بمجرد أن يدخل هذا السائل الشعيرات الليمفاوية يسمى ليمف Lymph (شكل ٤-٥) .

تركيب الليمف :

الليمف عبارة عن سائل شفاف عديم اللون يشبه بلازما الدم التي يشتق منها . وقد وجد به قليل من الخلايا الدموية الحمراء . ولكنه يحتوي على عدد كبير من الخلايا البيضاء الليمفية وكذلك بعض الأملاح المعدنية ، جلوكوز ، بعض البروتينات ومركبات نيتروجينية غير بروتينية . الخلايا البيضاء المتعادلة عادة لا توجد في الليمف بأعداد كبيرة ماعدا عند العدوى الشديدة . كمية البروتين بالليمف (٣٪) تكون أقل عما هي في البلازما (٧٥٪) . غير أن محتوى الليمف من المركبات الكيماوية البسيطة يكون تقريباً مشابه لما هو في البلازما .

الليمف الناتج من الأمعاء عند الهضم ربما يحتوي على كمية كبيرة من الدهون مما يضافي عليه مظهر اللبن . هذا الليمف اللبني يسمى الكيل chyle وينتج من امتصاص الدهون في الأوعية الليمفاوية الصغيرة بالأمعاء والمسماة بالأوعية الليمفية Lacteals .

وظيفة الليمف :

يعمل الليمف كوسيلة لنسج السوائل الأنسجة مما يساعد الدورة الدموية وبالتالي ينظم ضغط السوائل داخل الأنسجة . كما أن الجهاز الليمفاوي يعمل كنظام دفاعي ضد المواد الضارة

بواسطة ترشيحها من سوائل الأنسجة والتهامها مما يساعد على مقاومة الالتهابات وتكوين الأجسام المضادة .

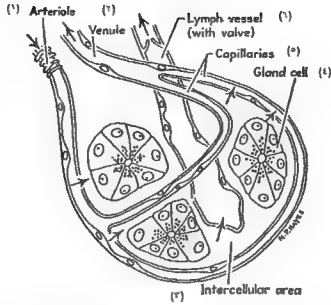
وإذا حدثت زيادة غير طبيعية في كمية سوائل الأنسجة ولم يستطع الجهاز الليمفاوي تمويضها فإن ذلك يؤدي لظهور أعراض خاصة تعرف بالارتشاح أو الأورديما Edema. والتي يمكن تعريفها بأنها عبارة عن صعوبة رجوع السوائل الموجودة بالأنسجة للدم عن طريق الدورة الدموية مما يؤدي لزيادة السوائل البينخلوية في الأنسجة . ويعزي هذا غالباً لارتفاع ضغط الدم بالشعيرات الدموية ، انخفاض الضغط الأسموزي للدم ، تهتك جدر الشعيرات الدموية أو خلل عملية تصريف الليمف . وغالباً ما يكون سبب الخلل في عملية تصريف الليمف هو انخفاض ضغط سوائل الأنسجة ، زيادة تناول الأملاح أو السوائل أو خلل في الجهاز العصبي .

الجهاز الليمفاوي :

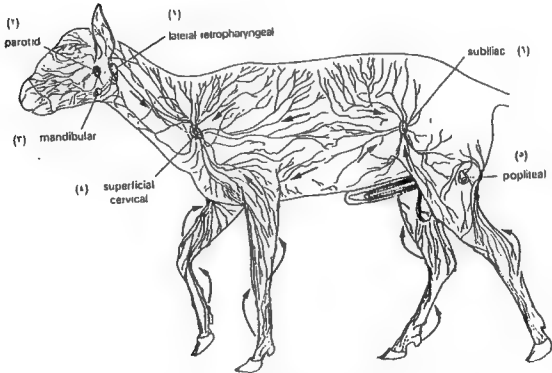
يشمل الأنسجة الليمفاوية والأوعية الليمفاوية الموصلة من الأنسجة الليمفاوية . وتتكون الأنسجة الليمفاوية من تجمع الخلايا الليمفية Lymphocytes المحصورة في التجاويف الموجودة بين ألياف الأنسجة الضامة الشبكية . وقد تتوزع الأنسجة الليمفاوية بداخل بعض الأعضاء كما هو الحال في الطبقة تحت المخاطية للأمعاء أو قد تندمج في أنسجة ليمفاوية تحيط بها كبسولة لتكون أعضاء خاصة مثل العقد الليمفاوية Lymph nodes ، اللوزتين Tonsils ، الغدة التيموسية Thymus والطحال Spleen . الأوعية الليمفاوية Lymph vessels تبدأ من أنسجة الجسم بفتيات صغيرة مغلقة جدرانها رقيقة (شكل ٤-٦) وهذه تتجمع مع بعضها لتكون قنوات ليمفاوية صغيرة تصب في قنوات أكبر تشبه الأوردة غير أن جدرانها أرفع . الليمف المتجمع من الجسم يرجع ليصب في الجهاز الوريدي بواسطة إحدى الطرق التالية : القناة الصدرية Thoracic duct ، القناة الليمفاوية اليمنى Right lymphatic duct أو قنوات الحنجرة Tracheal ducts . هذه القنوات تصب في الوريد الأجوف الأمامي . ويوجد على طول قنوات الليمف صمامات تسمح بمرور الليمف في اتجاه القلب فقط أو الأوردة الكبيرة .

العقد الليمفاوية Lymph nodes :

ويطلق عليها أيضاً الغدد الليمفاوية Lymph glands . وهي عبارة عن تجمعات للخلايا الليمفية توجد منتشرة في أجزاء مختلفة من الجسم خلال طريق الأوعية الليمفاوية (شكل ٤-٦) وتقوم بترشيح الليمف وتعمل كأول خط دفاعي للجسم ضد العدوى



شكل ٤-٥ : رسم توضيحي للعلاقة بين خلايا الجسم والدورة الدموية والأنوعية الليمفاوية
(١) شريان صغير (٢) وريد صغير (٣) صمامات الليمفاوية (٤) خلايا الغدد (٥) شعيرة دموية (٦) ماء انساري



شكل ٦-٦ : الغدد الليمفاوية السطحية في الأغنام . (عن هيث وأوليمستيا)
(١) شجيرة لymph الغدد (٢) الكعب (٣) عكبة (٤) السطحية السطحية (٥) لymph الركة (٦) تحت حنجرية

ولإنتاج خلايا ليمفية وخلايا البلازما المنتجة للأجسام المضادة .

وتحاط الغدة بغلاف من أنسجة ضامة تخرج منه امتدادات تقسم الغدة لفصوص وتوجد الخلايا الليمفية في نخاع الفص في حين أن خلايا البلازما توجد في الأنسجة الضامة المحيطة . ويدخل سائل الليمف من تجاويف بقشره الفص عبر أوعية ليمفاوية داخله Afferent vessels حيث يتخلل القشرة والنخاع ببطء فيترشح ثم يتجمع ثانياً في سره العقد التي تدخل فيها الأوعية الدموية والأعصاب ويخرج منها الأوعية الليمفاوية Efferent vessels .

وحالة الغدة تعكس صحة أو مرض المنطقة التي يشتق منها الوعاء الليمفاوي الداخل للغدة فإذا حدثت عدوى في منطقة معينة فإن العقدة الليمفاوية لهذه المنطقة تميل لزيادة حجمها لتقاوم العدوى . كمثال إذا أصيب حصان بالحمى Distemper أو الخناق Strangles وهو عبارة عن التهاب التجويف الأنفي والحلق يلاحظ زيادة حجم العقدة الليمفاوية الفكية Mandibular L.N. حيث أن هذه العقدة الليمفاوية تستقبل الأوعية الليمفاوية من التجويف الأنفي واللفم والحلق . وإذا لم تستطع العقدة الأولى إيقاف العدوى فإن الميكروبات تمر مع الليمف عبر الأوعية الخارجة للعقدة التالية في سلسلة العقد الليمفاوية . هذه العقد التالية تستجيب للعدوى بزيادة الحجم .

في الماشية والأغنام توجد عقد ليمفاوية بالأوعية الدموية Hemal L.N. وهي عبارة عن أجسام صغيرة لونها أحمر غامق وتشبه العقد الليمفاوية ولكن توجد في مجرى الأوعية الدموية الصغيرة ويعتقد أن وظيفتها دفاعية وقائية .

الطحال Spleen :

يعتبر الطحال من أكبر الأعضاء الليمفاوية بالجسم وأكثرها تعقيداً وهو يتصل بالمعدة مباشرة بواسطة نسيج ضام وشكله متطاوول وجيد التمويل الدموي . ويتكون جسم الطحال أساساً من خلايا ليمفاوية ، غير أن الخلايا الشبكية الأندوثيلية تغلف التجاويف الوريدية . وتوجد أيضاً خلايا دم بيضاء محببة وخلايا حمراء. وبعد ولادة الحيوان ينتج الطحال خلايا بيضاء ليمفية ووحيدة النواة وربما ينتج خلايا حمراء وخلايا بيضاء محببة . وأهم وظائف الطحال يمكن تلخيصها في الآتي :

١ - في المرحلة الجنينية يكون الطحال مسؤولاً عن إنتاج الخلايا الحمراء وفي الحيوانات الكبيرة يقوم بتكوين الخلايا الليمفية ، وحيدة النواة وربما أنواع أخرى . ويمكن استعادة قدرته على تكوين الخلايا الحمراء تحت ظروف مرضية معينة .

وهو قد ينتج هرمون الأثرثروبوتين في بعض أنواع الحيوانات .

٢ - يعتبر الطحال مخزن هام للدم ويمكن الاستفادة منه عندما تحتاج أنسجة الجسم لكميات كبيرة من الأكسجين عند الرياضة العنيفة ، بعد النزيف ، عند التسمم بأول أكسيد الكربون ، عند استخدام بعض المخدرات (الكلوروفورم و الأيثر) وكذلك عند الانفعالات العاطفية . وعندما يثار الحيوان يفرز هرموني الأبفرين والنورابفرين مما يؤدي لانقباض الطحال . وتحت هذه الظروف يزداد عدد الخلايا الدموية الحمراء وقيم الهيماتوكريت والهيموجلوبين .

٣ - يلعب الطحال دوراً هاماً في تكسير الخلايا الدموية الحمراء ويساهم في تلك العملية الخلايا الشبكية الأندوثيلية المحيطة بالتجاويف الوريدية .

٤ - يساعد الطحال في مقاومة الميكروبات لأن الخلايا الليمفاوية الموجودة به تنتج أجسام مضادة كما أن الخلايا الشبكية الأندوثيلية تلتهم البكتريا والفيروس والأجسام الغريبة .

٥ - يقوم الطحال بدور هام في تكوين صبغات الصفراء ، تخزين الحديد وربما في بعض العمليات التمثيلية .

ثالثاً : السائل المخي النخاعي Cerebrospinal fluid

السائل المخي النخاعي يوجد في القناة المركزية للحبل الشوكي ، تجاويف المخ Ventricles وأيضاً في التجويف تحت عنكبوتي بين الأم الحنون والعنكبوتية . وهو يعمل كوسادة تحمي المخ والحبل الشوكي من الصدمات كما أنه يعمل كوسط مغذي لهذه الأعضاء ويساعدها كذلك في التخلص من بعض نواتج التمثيل .

وتركيب السائل المخي الشوكي يشبه البلازما التي يشتق منها ولكنه يحتوي على نسبة أقل من البروتين ، الجلوكوز ، البوتاسيوم وقليل جداً من خلايا الدم فيما عدا بعض الخلايا الليمفية ولا يحتوي على الفيروسات والليبيدات ومعظم الأنزيمات .

رابعاً : السائل المفصلي Synovial fluid

السائل المفصلي عبارة عن سائل لزج رقيق يوجد في فجوة المفاصل وأغلفة الأوتار ويتراوح مقداره ما يحتويه المفصل ما بين ٢٠-٥٠ مل وهو غالباً ما يشتق من البلازما . وتعزي خواصه الطبيعية وقدرته على تشحيم المفاصل إلى وجود السكريات

العديدة الميوسينية Mucopolysaccharides وربما حمض الهيالورونيك hyaluronic acid .
وبجانب قدرته على منع الاحتكاك في المفاصل فإنه ربما يساعد في تغذية الغضاريف
المفصالية .

خامساً : السوائل المصلية Serous fluids

السوائل المصلية توجد في تجاويف الجسم وتشمل السائل البريتوني والسائل البلوري
والسائل التاموري . هذه السوائل توجد طبيعياً كغشاء رقيق يقلل التجويف بين الأسطح
المتقابلة . حدوث التهاب أو عدوى في هذه الأغشية يسبب زيادة السوائل المصلية .
فمثلاً التهاب التامور الرضي Traumatic pericarditis في الأبقار ، الالتهاب البلوري
Pleuritis والتهاب الغشاء البريتوني Peritonitis تسبب زيادة مقدار السوائل المصلية .

سادساً : سوائل الجسم الأخرى Other body fluids

وهذه تشمل سائل العين وسوائل الأنز الداخلية وهذه تشق من البلازما ولها وظائف
فسيولوجية حسب العضو الذي توجد فيه .

الفصل الخامس الدورة الدموية

Blood circulation

أول من اكتشف الدورة الدموية هو الطبيب العربي الشهير أبن النفيس الذى ولد بدمشق عام ١٢٨٨ م . وقام بوصف الدورة الدموية في كتابه « شرح تشريح القانون » وبذلك سبق العالم الإنجليزي وليم هارفى الذى ولد عام ١٥٧٨م، وإليه ينسب اكتشاف الدورة الدموية . ويتكون الجهاز الدورى فى الحيوانات من القلب Heart والأوعية الدموية Blood Vessels . ويقوم أساسا بحمل المواد الغذائية ومخلفات عملية التمثيل بين أعضاء الجسم المختلفة .

أولاً : القلب Heart

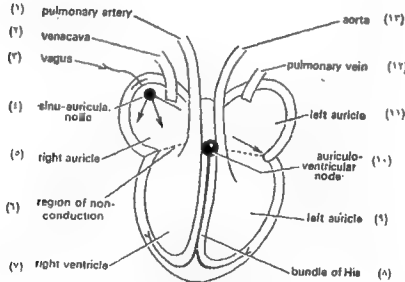
القلب عبارة عن عضو أجوف يغلف بغلاف يسمى التامور Pericardium وهو عبارة عن كيس مزدوج الجدران . الجدر الداخلية منهما ملتصقة بالقلب أما الخارجية فغير متصلة بالداخلية ويفصلهما فراغ ممتلئ بسائل يمنع احتكاكهما ويسمى بسائل التامور . وزن القلب يختلف فى الثدييات المختلفة (جدول ١٠٥) . والوظيفة الرئيسية للقلب هى الانقباض دوريا لدفع الدم لمختلف أجزاء الجسم . وهو يدفع الدم من أحد النهايات ويستقبله من النهاية الأخرى من خلا الأوعية الدموية الداخلة أو الأوردة Veins ولحفظ الدورة الدموية فى طريقها السليم يزود القلب بصمامات تمنع رجوع الدم .

جدول ١٠٥ : وزن القلب فى بعض الحيوانات (جم / كجم وزن حى)

النوع	وزن القلب	النوع	وزن القلب
السدراجن	١,٩	الإنسان	٥,٩
الارنب البرى	٢,٨	الماعز	٦,٢
القط	٤,٦	الحصان	٦,٨
الماشية	٥,٤	الكلاب	٨,٠

تركيب القلب Structure

يقسم القلب إلى نصفين أحدهما أيمن والآخر أيسر وهم غير متصلين ببعضهما ويعملا بالتوالي . النصفين يفصلا عن بعضهما بواسطة فاصل بين أذيني وبين بطيني . ويتكون كل نصف من حجرتين : الجزء الظهري رقيق الجدر ويسمى اذين Atrium والجزء البطني سميك الجدر ويسمى بطين Ventricle . البطين الأيسر ذو جدر سميك حيث أن الدم يضخ منه للأورطي Aorta ثم إلى الشرايين الكبيرة للدورة الجهازية التي تغذى كل أعضاء الجسم . ويرجع الدم للقلب عبر الشعيرات والأوردة . البطين الأيمن يدفع الدم للرئتين عبر الشرايين الرئوية ويعود الدم عن طريق الأوردة الرئوية ليدخل الأذين الأيسر (شكل ١٠ - ١) .



شكل ١٠ - ١ : رسم مبسط للقلب الثدييات
(عن غيرهما وآخرون)

(١) الشريان الرئوي (٢) الوريد الأجوف (٣) للشص البالي (٤) للعدة المحيطة الأذينية (٥) الأذين الأيسر (٦) منطقة عدم توصيل (٧) بطين أيسر (٨) حزمة هيس (٩) البطين الأيسر (١٠) الخدة الأذينية للبطينية (١١) الأذين الأيمن (١٢) الوريد الرئوي (١٣) الأورطي

ويتصل الأذنين بالبطينين بواسطة صمامات أحادية الاتجاه تسمى الصمام الأذيني البطيني Atrioventricular valve ويوجد بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر الصمام المترالي Mitral valve الذي يتكون من شرفتين غشائيتين Dicuspid valve . وعندما يزيد الضغط في الأذين الأيسر عما هو في البطين الأيسر تفتح الشرفات ويمر الدم من الأذين للبطين . وعندما ينقبض البطين فإن الشرفات ترجع لمكانها بإحكام لمنع تسرب الدم .

الصمام الأذيني البطيني الأيمن يشبه في تركيبه وقطعه الصمام المترالي غير أنه ذو ثلاث شرفات Tricuspid valve .

وعندما يتقبض البطين الأيسر فإن الدم الذي دخله من خلال الصمام المترالي يدفع من خلال الصمام الهلالي Semilunar الأيسر أو الصمام الأورطي Aortic valve إلى الأورطي ومنها للأوعية الجهازية . البطين الأيمن الذي يتقبض في نفس الوقت يدفع دمه من خلال الصمام الهلالي الأيمن أو الصمام الرئوي pulmonic valve إلى الشرايين الرئوية للرئة . وكل صمام هلالى يتكون من ثلاث شرفات قوية ثلاثية الزوايا تشبه الجيوب . وهذه ثقفل جيدا حول فتحات الاورطي والشريان الرئوى . وعندما يتقبض البطينين معا Systolic فإن الدم يضغط على الجانب البطنى للجيوب فيطويها للأعلى ضد جدر الاورطي والشريان الرئوى على الترتيب . ولكن خلال الانبساط Diastolic حيث ينبسط البطينين فإن الدم قد يميل للرجوع ولكن الصمامات تنضم لبعضها تماما مؤدية لثقل فتحات الاورطي والشريان الرئوى ويمنع رجوع الدم .

ضربات القلب Heart beats

انقباض القلب Systole وانبساطه Diastole يشكلان ضربة أو نبضة القلب Heart beat . وضربة القلب يمكن أن تعرف على أنها موجة منتشرة من الانقباض العضلى . القلب يستطيع الانقباض باستمرار لبعض الوقت حتى بعد نزع عن الجسم . وعليه فإن انقباض عضلات القلب يمكن أن تكون معتمدة أو مشروطة بالعمليات الحادثة في القلب ذاته .

وفى كل ضربة فإن كل بطين يمكن أن يدفع كمية من الدم تبلغ نحو ٧٠ مل فى الإنسان ، ٥٠ مل فى الأغنام ، ٥٨٠ مل فى الثور ونحو ٨٥٠ مل فى الحصان . هذا الحجم يسمى السعة الانقباضية Stroke volume . ويختلف عدد ضربات القلب فى الدقيقة وهو ما يسمى بسرعة أو معدل النبض Heart rate وذلك باختلاف نوع الحيوانات (جدول ٥ - ٢) . وبمعرفة السعة الانقباضية وسرعة النبض يمكن حساب كمية الدم المدفوعة من كل بطين فى الدقيقة وهو ما يسمى بالدفع القلبي Cardiac output والذي يمكن حسابه من المعادلة التالية :

الدفع القلبي = معدل النبض x السعة الانقباضية

ولما كانت هناك علاقة بين وزن الجسم والدفع القلبي فإنه يمكن استنتاج الدفع القلبي باستخدام المعادلات التالية :

الدفع القلبي (لتر / دقيقة) = $0.1017 \times$ وزن الجسم 90 ، (الثدييات)

الدفع القلبي (لتر / دقيقة) = $29.07 \times$ وزن الجسم 69 ، (الطيور)

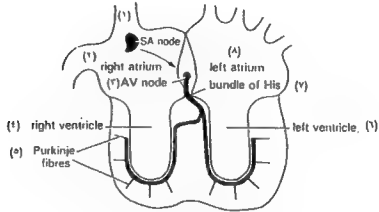
جدول ٢٠٥ : معدل ضربات القلب في الحيوانات المختلفة (نبضة / دقيقة)

نوع الحيوان	أثناء الراحة	عند العمل	خلال عمر الرضاعة
الجمال	٣٠	-	-
الحصان	٣٥	٢١٠	-
الثور	٧٠	-	١٥٠
الأغنام - الماعز	١٠٠	-	-
الكلب	١٠٠	٢٧٠	٢٠٠
القط	١٤٠	-	٢٥٠
الارانب	٢٦٠	-	-
الإنسان	٧٠	١٥٠	١٣٠

ولقد اتضح أن ضربات القلب تنشأ من عضلات القلب Myocardium نفسها ولا تعتمد بأى شكل على الأنسجة العصبية . ومما يؤكد هذا أن القلب في المرحلة الجنينية يبدأ في النبض قبل أن تغزو الأنسجة العصبية القلب . ويفترض أن ضربات القلب منشأها عضلى وترجع لوجود خلايا خاصة موصلة للنبضات فى القلب تسمى Impulse conducting cells هذه الخلايا مختلفة تماما عن ألياف العضلات القلبية وتشكل أنسجة عقدية Nodule tissue . النسيج العقدى يوجد فى العقدة الجيبية الأذينية Sino-atrial node (SA) والغنية بالتمويل الدموى وتقع بالقرب من نقطة دخول الوريد الأجوف العلوى للأذن الأيمن . هذا المكان يعرف أيضا بصانع السرعة Pace-maker لأنها المكان الذى تبدأ منه نبضة القلب .

وعلى فترات منتظمة تنشأ موجة الانقباض من عند العقدة الجيبية الأذينية (SA) وتنتشر على طول الأذين . حينئذ يلتقطها كتلة من النسيج المشابه يسمى العقدة الأذينية البطينية (AV) Atrio-ventricular node والتي توجد داخل جدار الأذين الأيمن بالقرب من الحاجز الذى يفصل الأذين الأيمن عن البطين . وتستمر على شكل حزمة من الألياف العضلية المتفرعة توجد داخل الحاجز الذى يفصل البطين الأيمن عن الأيسر وتسمى

حزمه هيس Bundle of His . وتتفرع حزمه هيس إلى فرعين يمر أحدهما داخل جدار البطين الأيمن والآخر داخل جدار البطين الأيسر حتى تصل إلى نهاية البطين . ويخرج من هذه الفروع ألياف متشابكة تسمى ألياف بركنجي Purkinje fibers تنتشر في جدار البطين (شكل ٥ - ٢) على شكل شبكى .



شكل ٥ - ٢ : نظام نقل للنبضات القلب
(عن هيث وأوليماتيا)

(١) العقدة الجيبية الأذينية (٢) الأذين الأيمن (٣) العقدة الأذينية البطينية (٤) البطين الأيمن (٥) ألياف بركنجي (٦) البطين الأيسر (٧) حزمة هيس (٨) الأذين الأيسر

موجة الاثارة أو الانقباض تنتشر من العقدة الأذينية البطينية (AV) على طول ألياف هيس وبركنجي مودية لإثارة عضلات البطينين وبالتالي فإن البطينين بكامل أجزائهما ينقبضا معا . وإذا لم تعمل حزمة هيس لأي سبب فإن النبضة القلبية التي تنشأ عند العقدة الجيبية الأذينية (SA) تنتشر للأذين وللعقدة الأذينية البطينية (AV) ولكنها لن تصل للبطينين . هذه الحالة تسمى انسداد القلب Heart block وفيها يتوقف النبض البطيني وينقطع دوران الدم . وإذا كان انسداد القلب محصورا في نصف حزمة هيس فإن هذه الحالة تسمى انسداد فرع الحزمة Bundle branch block . موجة الانقباض يمكن أن تستمر من العقدة الأذينية البطينية (AV) لبطين واحد وهذا البطين ينقبض أولا . وحينئذ فإن موجة الانقباض تنتشر بعملية نقل للبطين الآخر حيث ينقبض متأخرا بفترة قصيرة .

ضربات القلب يمكن أن يزيد عددها وتسمى الحالة بخفقان القلب Tachycardia في حين أن نقصها يسمى ببطء أو هبوط القلب Bradycardia . وهناك بعض العوامل التي

تؤثر على سرعة ضربات القلب أهمها :

(أ) الضغط الشرياني Arterial pressure زيادة ضغط الدم سواء في الأورطى أو في التجويف الوداجي لوحظ أنه يؤدي لبطء ضربات القلب ولكنه أيضا يسبب زيادة القطر الداخلى للشعيرات الشريانية .

(ب) الضغط الوريدي Venous pressure زيادة توارد الدم الوريدي يؤدي لزيادة ضربات القلب . وتعرف هذه الظاهرة باسم Bainbridge reflex .

(جـ) ضغط الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون بالدم . نقص الأكسجين بالدم يسرع ضربات القلب وكذلك فإن تجمع ثاني أكسيد الكربون بالدم يسرع أيضا من النبض حتى يزيد تدفق الدم للتخلص من ثاني أكسيد الكربون والحصول على الأكسجين .

(د) الإشارات العصبية من المراكز العصبية العليا . الإثارة العصبية تؤدي لزيادة النبض . ومن جهة أخرى فإن بطء القلب قد يحدث عندما يتعرض الحيوان لصدمة عصبية مفاجئة . وكلا من هذين التأثيرين قد يحدث من خلال الاتصال بين الفص الجبهي لقشرة المخ والهيپوثلاماس والنوية الظهرية المحركة للعصب الثاني .

أصوات القلب Heart sounds

أثناء عمل صمامات القلب خلال دورة الدم تنشأ أصوات القلب . وضربة القلب Heart beat تبدأ مع انقباض الأذين الذي يدفع الدم للبطين وبمجرد أن ينبسط الأذين فإن الصمام ثلاثي الشرفات والثلاثي الشرفات (الصمام المترالي) تقفل بسرعة وهذا يحدث أول أصوات القلب . لب Lubb . وحينئذ ينقبض البطينين ويدفع الدم في الأورطى والشريان الرئوي . وبمجرد أن ينبسط البطينين فإن الصمامين الهلاليين ينغلقا فيحدث ثاني أصوات القلب - دب Dup . ونظرا لأن الفترة بين غلق الصمامات الأذينية البطينية (أول صوت) وغلق الصمامات الهلالية (ثاني صوت) تكون أقصر عن الفترة بين غلق الصمامات الهلالية وبين الغلق التالي للصمامات الأذينية البطينية ولذلك فإن ضربات القلب تتميز بدورة عبارة عن (لب - دب - فترة راحة - لب - دب - فترة راحة) أى (١ - ٢ - راحة - ١ - ٢ - راحة) . دورة الضربات هذه تحدث في المتوسط نحو ٧٢ مرة / دقيقة في الإنسان والأغنام ، ٣٠ مرة في الجمال ، ٩٠ مرة في الماعز ونحو ١٢٠ مرة في القطط . وإذا حدث أى ضرر لأى من الصمامات الأربعة كما يحدث في الحمى الروماتيزمية ، فإن الدم يتمرب خلال واحد من الصمامات محدثا صوت

مميز للفظ القلب Heart murmur (صوت يشبه فُفْتُ) .

خواص عضلات القلب properties of heart muscle

قلب الحيوانات الفقارية يتكون من غرف ذات جدر تتركب من عضلات قلبية Myocardium or Cardiac muscles ترتبط مع بعضها بواسطة شرائط من النسيج الضام . السطح الداخلي والخارجي للقلب يغطيه طبقات من الخلايا الطلانية يطلق عليها Endocardium أو Epicardium على التوالي . ويحيط القلب ويغلفه غلاف شفاف يسمى Pericardium . وتتكون عضلات القلب من ليفات عضلية مستقلة وهي إسطوانية (شكل ٣-٤) وتوجد بها نواه مركزية . وتنظم هذه الليفات طوليا كما هو في جميع الأنسجة العضلية ويلاحظ بها شرائط عضلية . وتتفرع ليفات العضلات القلبية ، الأمر الذى يؤهلها للقيام بوظائفها . ويمكن تلخيص أهم خواص العضلات القلبية :

١ - الإثارة والانقباض Excitability & Contractility . عضلات القلب تنقبض وتنشط دوريا وبانتظام خلال حياة الحيوان . هذه العملية تتأثر بالتغيرات والمنبهات الحرارية والكيميائية والميكانيكية ولكن أثناء الانقباض لا يوجد تأثير لآى من هذه المنبهات ، فترة عدم الاستجابة هذه يطلق عليها فترة العصيان المطلق Absolute refractory period .

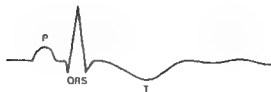
٢ - الإيقاعية Rhythmicity . عضلات القلب تستمر فى العمل بانتظام وبدون مساعدة من العوامل الخارجية وهذا يرجع إلى العقد الجيبية الأذينية ولكن فى بعض الحالات فإن نبضة القلب ربما تبدأ من العقدة الأذينية البطينية .

٣ - التوصيل Conduction . تتكون عضلات القلب من خلايا متجاورة وتبعاً لذلك فإن أى تنبيه يصل لآى جزء من جدار القلب ينتشر بسرعة لكل الأجزاء بدون توقف . هذا التوصيل سريع جدا نظرا لوجود حزم هيس وألياف بركنجى . حيث تصل سرعة نقل النبضات على ألياف بركنجى إلى ٤ متر / ثانية وعلى جدر البطين ٤ ، متر / ثانية والتوصيل على العقدة الأذينية البطينية ٢ ، متر / ثانية .

٤ - قاعدة الكل أو العدم All or non law عضلات القلب لا تنقبض عندما تكون قوة المنبه غير كافية ولكنها تنقبض لأقصى درجة عندما تكون شدة المنبه كافية .

٥ - فعل العصب التائه على القلب Action of vagus on heart العصب التائه المعمول للقلب يثبط حركة القلب ولذلك فإنه يوازن تأثير الأعصاب السمبثاوية التى تسمرع ضربات القلب .

وكل نبضة قلبية ترتبط بتغيرات كهربائية يمكن قياسها سواء بوضع الكترودات على سطح القلب نفسه أو بوضعها على نقط محددة على سطح الجسم . التغيرات الكهربائية المتولدة في القلب تنتشر خلال موائل الجسم لسطح الجسم حيث يمكن تسجيلها على جهاز تسجيل التيار الكهربائي للقلب أو ما يسمى بالالكتروكارديوجرام (ECG) - Electrocardiogram . وصورة الالكتروكارديوجرام لدورة القلب يلاحظ فيها سلسلة من الموجات يطلق عليها T و QRS و P كما يظهر في شكل رقم ٥ - ٣ . الموجة P تنتج من إزالة الاستقطاب بالأذين ، الموجة QRT تنتج من إزالة استقطاب البطين . الجزء ST والموجة T تنتج من إعادة استقطاب البطين . ومظاهر إعادة استقطاب الأذين عادة ما تكون مغمورة في الموجة QRS .



شكل ٥ - ٣ : موجات الالكتروكارديوجرام
(عن هيث وأوليفستيا)

تنظيم عمل القلب Control of heart action

رغم أن القلب من الأعضاء التي تتصف بقدرتها على الانقباض والانبساط بانتظام ولفترة من الوقت حتى لو عزل من الجسم ، غير أن نشاطه وهو بجسم الحيوان يخضع للتغير تبعاً لتغير الظروف الداخلية أو الخارجية . وعمل القلب يخضع لكل من التنظيم العصبي والكيمائي :

١ - التنظيم العصبى Nervous control يمول القلب جيدا بألياف عصبية باراسمبثاوية (العصب التائه) وألياف سمبثاوية . ونظرا لأن موجات انقباض القلب تبدأ ذاتيا فى القلب فإن الألياف العصبية السمبثاوية الممولة للقلب تستطيع زيادة أو نقص نشاط القلب بينما الألياف العصبية الباراسمبثاوية تبطئ نشاط القلب .

٢ - التنظيم الكيماوى Humoral control بعض هرمونات الدم يمكن أن تؤثر على نشاط القلب مثل الأدرينالين والنورادرينالين . فهذه الهرمونات تزيد أو تقلل نشاط القلب مثل الألياف العصبية السمبثاوية . وتأثير هذه الهرمونات مرتبط بالتنظيم العصبى حيث أنها تنتج عند نهاية الأعصاب السمبثاوية فى حالة إثارة الحيوان . كذلك فإن بعض أيونات المعادن الموجودة بالدم مثل الكالسيوم والبوتاسيوم يمكن أن تؤثر على نشاط القلب . زيادة أيونات البوتاسيوم يتبعه توقف الانبساط فى حين أن زيادة أيونات الكالسيوم يتبعه توقف الانقباض فى قلب الضفادع فى حين أن العكس صحيح فى عديد من اللافقاريات والفقاريات . كما أن درجة تفاعل الدم (PH) هامة فى التأثير على نشاط القلب حيث أن زيادة الحموضة تقلل نشاط القلب .

ضغط الدم Blood pressure

ضغط الدم عبارة عن القوة التى يندفع بها الدم ضد مقاومة جدر الأوعية الدموية . وهى تقدر عموما فى صورة مقدار دفع عمود من الزئبق . ويختلف الضغط عند المواقع المختلفة من الجسم . وحين ينقبض البطين فإن ضغط الدم بداخل وعاء الدم يكون مرتفع وهذا الضغط يطلق عليه الضغط الانقباضى Systolic pressure وفى الإنسان عادة ما يكون مقداره ١٢٠ مم زئبق وعندما ينبسط البطين لا يخرج أى دم فى الشرايين وبذلك تميل قيمته إلى الوصول إلى قيمة صفر ، ولكن عادة لا يستمر انخفاضه لهذه القيمة بسبب تمدد ومرونة الأوعية . وأثناء انبساط القلب ينخفض الضغط إلى نحو ٨٠ مم / زئبق فى الإنسان ويسمى هذا بالضغط الانبساطى Diastolic pressure .

ضيق الشرايين نتيجة لفقد المرونة أو نتيجة لترسب الدهون مثل الكوليمترول بداخل جدرها يزيد ضغط الدم . كما أن الانفعالات والرياضة تسبب زيادة ضغط الدم . الجاذبية أيضا تؤثر على ضغط الدم . ومتوسط ضغط الدم فى الحيوانات الزراعية يظهر فى الجدول ٥ - ٣ :

جدول ٣ - ٥ : متوسط قيم ضغط الدم (مم زئبق)

النوع	انقباض / انبساط	المتوسط	النوع	انقباض / انبساط	المتوسط
الإنسان	١٢٠ / ٧٠	١٠٠	الخيل	١٣٠ / ٩٥	١١٥
الأغنام	١٤٠ / ٩٠	١١٤	الأرانب	١٢٠ / ٨٠	١٠٠
المائنية	١٤٠ / ٩٥	١٢٠	الدواجن	١٧٥ / ١٤٥	١٦٠

ويهبط ضغط الدم تدريجيا بالمرور في الشرايين في اتجاه الشعيرات الدموية ويكون الهبوط على أشده في الشرايين الصغيرة ويستمر الهبوط في الأوردة حيث ينمحي تماما . والشرايين والأوردة قطرها كبير نسبيا ولذلك فإن مقاومتها لمرور الدم ضعيفة ولكن مع ضيق الأوعية الدموية والشعيرات فإن مساحة السطح المحتك بالدم تزيد وبالتالي فإن مقاومة مرور الدم تزيد كثيرا وعليه فإن الشعيرات الدموية الشريانية بأنسجة الجسم تستطيع التحكم في مرور الدم وتلى القلب أهمية في التأثير على ضغط الدم . وفي كل شعيرة دموية فإن سرعة مرور الدم تكون عدة ملليمترات / ثانية مقارنة بنحو ٥، متر / ثانية في الأورطى . هذا المرور البطيء في الشعيرات مع وجود سطح كبير يسهل تبادل الغازات بين الدم والأنسجة .

ثانياً : الأوعية الدموية Blood vessels

يوجد في جسم الحيوان ثلاثة أنواع من الأوعية الدموية هي الشرايين Arteries ، الأوردة Venis والشعيرات الدموية Capillaries . ومن الناحية الوظيفية فإن الشرايين تحمل الدم من القلب للأنسجة في حين أن الأوردة تحمل الدم من الأنسجة للقلب . وتقوم الشعيرات الدموية بتوصيل الشرايين مع الأوردة .

١ - الشرايين Arteries

عبارة عن الأوعية الدموية التي تنقل الدم من القلب للأنسجة . والدم يسير فيها على ضغط مرتفع ينشأ من الحركة الدورية لعضلات الشرايين . وتتفرع الشرايين إلى شرايين صغيرة دقيقة Arterioles وهذه تتفرع إلى شعيرات شريانية في غاية الدقة Metarterioles .

جدار الشريان يتكون من ثلاث طبقات من الخارج للداخل : الغشاء الخارجى

Tunica externa (Adventitia) وهو عبارة عن نسيج ضام يحتوى على ألياف طويلة مطاطة من الكولاجين . ثم الطبقة الوسطى *Tunica media* وهي أسمك من الأولى وتتكون من عضلات ناعمة دائرية وألياف مرنة . وفى الداخل يوجد الغشاء الداخلى *Tunica interna (Intima)* ويتكون من خلايا اندوثيلية وغشاء مطاط . ويوجد بين الغشاء الداخلى والأوسط غلاف من النسيج المطاط يسمى الصفيفة المطاطة الداخلىة *Internal Elastic lamina* وهى تحيط بالشريان تماما . ويوجد غشاء مشابه ما بين الطبقة الوسطى والطبقة الخارجية ويسمى الصفيفة المطاطة الخارجىة *External Elastic lamina* . مطاطية الشريان ترجع أساسا لوجود الألياف المطاطة فى جداره .

٢ - الأوردة Veins

عبارة عن الأوعية التى تحمل الدم فى إتجاه القلب وهى تجمع الدم من الشعيرات الدموية بالأنسجة وتفرغه فى القلب . جدر الأوردة رقيقة وتحتوى قليل من العضلات . وهى تشبه الشرايين فى أنها تضم الطبقات الثلاث ولكن الطبقة الوسطى غير متطورة مما يؤدى لرقّة جدر الأوردة . الطبقة الخارجىة تكون أكثر تطورا فى الأوردة عن الشرايين . الصفيفة الخارجىة المطاطة أقل تطور . وفى الأوردة الكبيرة فإن الطبقة الخارجىة مع بعض الأنسجة الضامة والألياف المطاطة تشكل صمامات تشبه الجيوب الهلالية تترتب فى مجموعات من ثلاثة مما يؤدى لمنع رجوع الدم فى الاتجاه المضاد . الشرايين والأوردة الكبيرة تحتوى بجدرها على أوعية دموية صغيرة تقوم بإمدادها بالأكسجين والمواد الغذائية الضرورية لهذه الأوعية الدموية .

٣ - الشعيرات الدموية Capillaries

تعتبر الشعيرات الدموية من الناحية الوظيفية من أهم أجزاء الجهاز الدورى . فهى أصغر الأوعية حيث أن قطرها فى المتوسط ٧,٥ ميكرون وجدرها رقيقة جدا وغالبا ما تتكون من طبقة واحدة من الخلايا وتشكل شبكة دقيقة من الأنابيب التى تقوم بتوصيل الأوعية الدموية . وفيها توجد نهايات الألياف العصبية . وتتكون الشعيرات الدموية كنتيجة لتفرع الشرايين الدقيقة *Arterioles* وتتحد الشعيرات الدموية مع بعضها لتكون أوردة دقيقة *Venules* وهذه تتحد لتكون أوردة .

مسلك الدم بالجسم Circulatory route

دورة الدم بالجسم فى الفجاريات تتم فى نظام مغلق حيث تشكل الأوعية الدموية جهازا مغلقا يجرى فيه الدم بفضل نشاط القلب . ويمكن تقسيم دورة الدم بالجسم إلى ثلاثة مسالك :

- ١ - الدورة التاجية Coronary circulation .
- ٢ - الدورة الرئوية Pulmonary circulation .
- ٣ - الدورة الجهازية Systemic circulation .

١ - الدورة التاجية Coronary circulation

الدورة التاجية تقوم بإمداد عضلات القلب بالدم . حيث تبدأ الدورة بشريانين يتفرعان من الأورطى عند بدايته وكل منهم يغذى نصف القلب . ويتفرع هاذين الشريانين إلى فروع أدق . ويعود الدم من الدورة التاجية عن طريق أوردة تفتح فى الأذين الأيمن . ويوجد قليل من الاتصالات الفعالة بين الشريانين التاجية الرئيسية ولذلك فعندما يحدث قفل لواحد من هذه الشريانين فإن كمية غير كافية من الدم يمكن أن ترد من الشريانين المجاورة لتحفظ حياة العضلات التى تغذيها الشريانين المغلقة وهو ما قد يؤدى لحدوث موت لجزء من العضلات القلبية وهو السبب الغالب لأمراض القلب .

ورغم أن الأوعية التاجية تشبه الأوعية الدموية الجهازية فى إنها تمتلىء بالدم من الأورطى وتفرغه فى الأذين الأيمن ، إلا أن معدل مرور الدم فى الأوعية التاجية لا يختلف بنفس الطريقة . الضغط الحادث على هذه الأوعية نتيجة انقباض العضلات القلبية يقلل مرور الدم خلال الانقباض Systole وأقصى معدل لمرور الدم يحدث خلال الانبساط Diastole .

ويستخلص قدر كبير من أكسجين الدم عندما يمر خلال الأوعية التاجية . الدم الوريدي الذى يرجع من المخ غالبا ما يكون مقدار تشبعه بالأكسجين ٦٥ ٪ ، فى حين أن الدم الوريدي الخاص بالدورة التاجية يحتوى على ٢٥ ٪ تشبع بالأكسجين . ويوجد تقريبا شعيرة دموية لكل ليفة عضلية وهذا الوضع يستمر طوال العمر . ورغم أن القلب قد يصبح متضخما (أكبر) أو منكشما (أصغر) فإن هذه النسبة لا تتغير . الأوعية التاجية قد تكون عرضة لتغيرات انحلالية مثل حالة تصلب الشريانين Atherosclerosis الراجعة لترسيب الكوليسترول على جدر الشريانين . ضيق شريان القلب أو وجود جلطة به يؤدى لنقص توارد الأكسجين للقلب بما لا يتلائم مع المجهود الذى يقوم به وينشأ عن

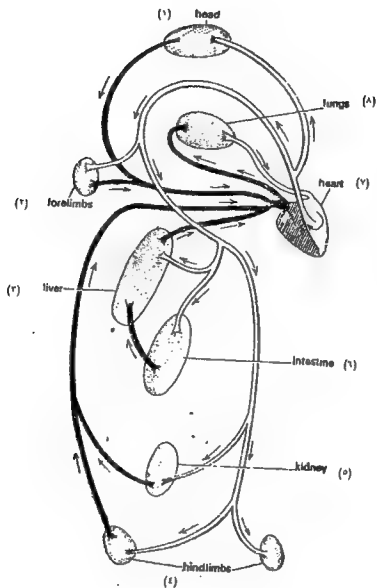
ذلك الذبحة البصرية Angina التي تتميز بظهور أعراض خاصة تتلخص في ظهور آلام شديدة بالصدر تحت منتصف عظمة القص ويمتد إلى الرقبة والكتف والذراع ويأتي المرض على نوبات تظهر بعد مجهود أو انفعال نفسي . الانسداد الحاد في الشريان التاجي نتيجة لوجود جلطة دموية يؤدي لظهور أعراض أخرى مصاحبة للأعراض السابقة أهمها ضيق التنفس وفيء وهبوط عام وارتفاع طفيف في درجة الحرارة ونقص ضغط الدم وزيادة عدد خلايا الدم البيضاء .

٢ - الدورة الرئوية Pulmonary circulation

يستقبل البطين الأيمن الدم الوريدي من أجهزة الجسم من خلال الأذين الأيمن ويدفعه عند انقباضه في الشريان الرئوي الذي يتفرع لفرعين يدخل كل منهما رئة مقابلة . مقاومة مرور الدم في الأوعية الرئوية تكون ضعيفة وهذا يسهل مرور الدم رغم أن متوسط ضغط الدم في الشريان الرئوي تكون نحو ١٢ - ٢٠ مم زئبق . بعد تخلص الدم من ثاني أكسيد الكربون وتشبعه بالأكسجين في الشعيرات الدموية الرئوية يعود من خلال الأوردة الرئوية إلى الأذين الأيمن ومن ثم إلى البطين الأيمن (شكل ٥ - ٤) .

٣ - الدورة الجهازية Systemic circulation

يقوم البطين الأيمن بدفع الدم لأجهزة الجسم عبر الاورطي Aorta الذي يخرج منه فروع مستقلة لكل عضو تتفرع بداخله وتغذيه وبعد ذلك تعود في أوردة تصب في النهاية في الوريد الأجوف السفلي والعلوي . وتقوم الأوعية الدموية للدورة الجهازية بمقاومة مرور الدم ولذلك فمتوسط ضغط الدم في الشرايين الجهازية يصل في المتوسط إلى ١٠٠ مم زئبق رغم أنه يصل في الاورطي إلى ١٧٥ - ٢٠٠ مم زئبق . وبعد أن يمر الدم في الشرايين الصغيرة والشعيرات الدموية يتجمع ليعود مرة أخرى وعلى ضغط منخفض عبر الأوردة الكبيرة إلى الأذين الأيمن ومنه للبطين الأيمن ليكمل الدورة الرئوية (شكل ٥ - ٤) .



شكل ٤ - م : ممسك الدم في الثدييات
(عن هيرما وآخرون)

(١) الرأس (٢) الأطراف الأمامية (٣) الكبد (٤) الأمعاء (٥) الكلية (٦) الأمعاء (٧) القلب (٨) الرئة

الفصل السادس

التنفس

Respiration

التنفس عبارة عن عملية فسيولوجية هامة للكائنات الحية بواسطتها تحصل على الطاقة اللازمة للأنشطة الحيوية الأخرى بالجسم . ومصطلح تنفس Respiration أصله لاتينى واشتق من معنى استنشاق الهواء وطرده أى تبادل الغازات بين الكائن الحى والوسط المحيط به . وهذا يعنى الأنشطة المنظورة للتنفس Breathing . وبمضى الوقت اتضح أن عملية التنفس الأساسية الحقيقية تحدث على المستوى الخلوى وأن مصطلح التنفس الداخلى Internal respiration يطلق حقيقة على هذه المرحلة من تبادل الغازات .

ومحصلة التنفس هو الحصول على أكسجين وطرده ثانى أكسيد الكربون . يستعمل الأكسجين فى أكسدة الغذاء المهضوم بالخلايا وتحرر طاقة فى حين أن ثانى أكسيد الكربون ناتج عن أكسدة المواد الغذائية ووجوده بالجسم ضار ولذلك يزاح من الجسم خلال التنفس .

الحيوانات البسيطة وحيدة الخلية مثل البروتوزوا تحصل على الأكسجين مباشرة من الهواء أو البيئة المائية المحيطة وتوزعه لجميع أجزاء الخلية . ويطرد ثانى أكسيد الكربون مباشرة من جميع أجزاء الخلية إلى البيئة المحيطة . وفى الحشرات يمر الهواء مباشرة للأنسجة من خلال قصبة هوائية .

الأنواع الكبيرة من الحيوانات معقدة التركيب فيها لا تتصل الخلايا مباشرة مع البيئة المحيطة ولذلك تحتاج هذه الحيوانات لمساعدة أجهزة تنفسية ودموية للسماح بتبادل ما يكفى من الغازات وتوزيع الأكسجين لجميع أجزاء الجسم . وفى هذه الحيوانات فإن عملية التنفس تتضمن المراحل التالية :

١ - التنفس الخارجى External respiration وهو عادة ما يعنى الشهيق والزفير . أى العمليات التى بواسطتها يدخل الأكسجين للجسم من البيئة الخارجية ويطرد ثانى أكسيد الكربون للبيئة المحيطة . تبادل الغازات يحدث على الأسطح التنفسية بالقصبة الهوائية والرئة أو فى الجلد والخياشيم لبعض الحيوانات .

٢ - نقل غازات التنفس Transport of respiratory gases وتتضمن هذه المرحلة من التنفس نقل الأكسجين من الأسطح التنفسية لأنسجة الجسم ونقل ثانى أكسيد

الكربون من الأنسجة لأسطح التنفس . وفي الحيوانات العالية فإن نقل الغازات يتم من خلال الدم .

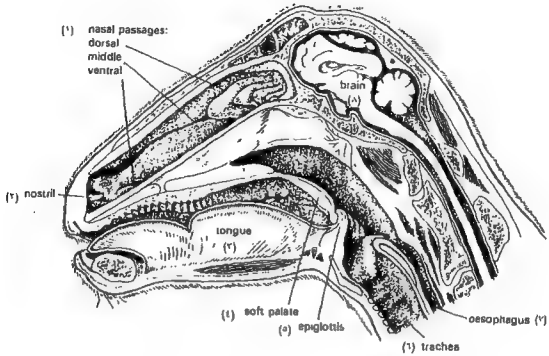
٣ - التنفس الداخلي Internal or tissue respiration وهذه المرحلة من التنفس تضم كل صور الأكسجين المستهلك بواسطة الخلايا أو ثاني أكسيد الكربون الناتج من عمليات الأكسدة المؤدية لتحرير الطاقة المستعملة في النشاط الحيوى . وبمعنى آخر تشير لمجموعة التفاعلات الانزيمية سواء المؤكسدة أو غير المؤكسدة التى بواسطتها تتوفر الطاقة اللازمة لحفظ الأنشطة الحيوية الأخرى .

أعضاء التنفس The respiratory organs

يتكون الجهاز التنفسى فى الثدييات من الرئتين اللتين تقعان فى القفص الصدرى Thorax ، القصبة الهوائية Trachea التى توجد فى منطقة الرقبة والممرات الهوائية Air passages فى الرأس .

ويبدأ الجهاز التنفسى بفتحات الأنف الخارجية Nostrils التى تفتح فى التجاويف الأنفية Nasal cavity وتغطى بطبقة طلائية تفرز المخاط . ويعتبر الجمال الحيوان الوحيد من بين الحيوانات المسانسة الذى يمكنه قفل فتحات الأنف الخارجية . فتحات الأنف الخلفية تفتح فى البلعوم Pharynx حيث يوجد تقاطع ممرات الطعام والتنفس ومنه يمر الهواء إلى الحنجرة Larynx التى يتكون جدارها من عضلات وغضاريف تمتد فى فتحاتها الأحبال الصوتية التى إذا اهتزت بتأثير الهواء تصدر الصوت . تسد فتحة الحنجرة أثناء بلع الطعام بواسطة غطاء غضروفى يسمى لسان المزمار Epiglottis ينثنى فوق المزمار glottis (الفتحة للحنجرة) وبذلك يمنع لسان المزمار مرور الطعام للمسالك الهوائية (شكل ٦ - ١) عند الأكل .

بعد ذلك يمر الهواء للقصبة الهوائية Trachea التى تظل مفتوحة على الدوام لمرور الهواء حيث أن جدارها مقوى بغضاريف حلقيية غير كاملة الاستدارة من الخلف . ويبطن الجدار بغشاء مخاطى يحتوى على خلايا خاصة تفرز المخاط . كما يحتوى على خلايا هدية تتحرك أهدابها باستمرار فى اتجاه واحد . ويعمل المخاط على حفظ سطح القصبة الهوائية رطباً وحجز ذرات الغبار الذى يدخل المسالك التنفسية وعندئذ تدفعها الأهداب إلى أعلى إتجاه الفم . تتفرع القصبة الهوائية عند نهايتها إلى فرعين يطلق عليهم الشعبتين الرئويتين Bronchi تدخل كل منهما إلى الرئة المقابلة حيث تتفرع بداخلها إلى فروع تتدرج فى الصغر وتسمى شعبيات Bronchioles . يبطن جدار الشعبتين غشاء



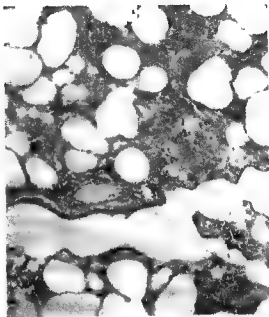
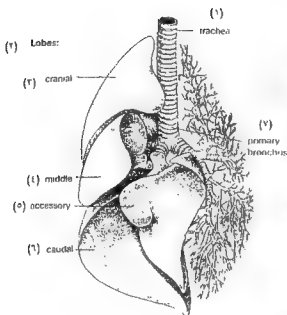
شكل ٦ - ١ : منظر لقطع في منتصف رأس الأنعام لتوضيح ممرات الهواء والطعام
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) الممرات التنفسية (٢) فتحة الأنف (٣) اللسان (٤) سقف الحلق (٥) لسان الدرمار (٦) قنطرة البلعومية (٧) الحنك (٨) الدماغ

مخاطى به خلايا هدية ويحيط بجدار الشعبيات طبقة عضلات غير إرادية (شكل ٦ - ٢) تمول جيدا بالدم .

تؤدي الشعبيات إلى الحويصلات الهوائية Alveoli التي يكون جدارها رقيقا ورطباً ليسهل تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية الملاصقة (شكل ٦ - ٣ ، ٤) وعند مرور الهواء للحويصلات الهوائية يخضع لثلاث متغيرات هامة هي : (١) يرشح الهواء ليصبح خالياً من التراب المواد العالقة ، (٢) يتم تدفئة الهواء لدرجة حرارة الجسم ، (٣) يصبح الهواء مشبعاً بالرطوبة .

تتركب الرئتان من جزء كبير من الأنسجة الضامة المرنة وبعض العضلات، تغطي الرئتين بطبقة رقيقة من الأنسجة الطلائية الخشنة تعرف بالبلورا الحشوية Visceral



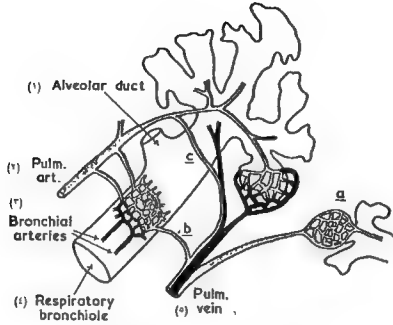
شكل ٦ - ٢ : تركيب رئة الثدييات منظر بطاني :
فصوص الرئة اليمنى مميزة في حين أن الشعب
تظهر في الرئة اليسرى
(عن هيث وأوليمساتيا)

شكل ٦ - ٣ : أقطاع في رئة الأرنب موضعا
المساحات الرئوية والشعيرات الدموية
(عن هيث وأوليمساتيا)

(١) القصبة الهوائية (٢) فصوص (٣) أملى (٤) متوسط (٥) احتطلى
(٦) خللى (٧) شعيرات مرئية

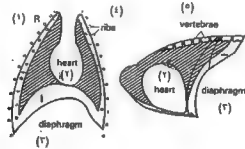
pleura وطبقة معائلة تعرف بالبلورا الجدارية Pareital pleura تبطن المسطح الداخلي الصدرى . وتكون طبقتى البلورا على اتصال ويسمى الفراغ الموجود بين طبقتى البلورا بالتجويف البلورى Pleural cavity يحتوى على كمية بسيطة من سائل يسهل حركة الرئة . ويمنع احتكاك الطبقتين يسمى السائل البلورى .

وتوجد الرئتان والقلب داخل التجويف الصدرى Thoracic cavity الذى يحاط من الجوانب بالضلوع Ribs والقص Sternum ومن الظهر بالفقرات الظهرية vertebrae وفى أرضية التجويف الصدرى يوجد الحجاب الحاجز Diaphragm وهو عبارة عن فاصل عضلى بين تجويف الصدر والبطن (شكل ٦ - ٥) .



شكل ٦ - ٤ : منظر عام موضحاً تركيب
والتمويل الدموي للقص من لمصوص الرئة :
a - حويصلة هوائية ، b - وريد شرياني ،
c - وصلة بين الشريان والوريد الرئوي
(عن بيل وآخرون)

(١) قناة الحوصلة (٢) شريان رئوي (٣) شعيرات شريانية رئوية (٤) تصبيلات تنفسية (٥) وريد رئوي



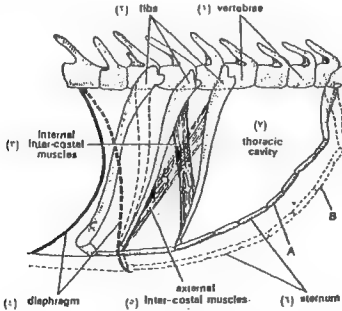
شكل ٦ - ٥ : منطري جانبي وعُلوي لتوضيح
حركة القلب الصدري والحجاب الحاجز عند
التنفس . السهم يشير لحركة الشهيق
(عن هيث وأوليساتيا)

(١) الجنبه اليسى (٢) قلب (٣) الحجاب الحاجز (٤) قسودج (٥) الفتحات

ميكانيكية التنفس Mechanism of breathing

يتم التنفس نتيجة لتتابع عمليتين هما الشهيق Inspiration ثم الزفير Expiration . ففي الشهيق يتم دخول الهواء من الخارج للرئة عبر الممرات التنفسية ويحدث هذا نتيجة لإتساع القفص الصدري حيث ينقبض الحجاب الحاجز فيقل تحديه وبذلك تزيد سعة الصدر من أعلى لأسفل . كما تنقبض الطبقة الخارجية من عضلات ما بين الضلوع External intercostal muscle فترتفع الضلوع للخارج فيزيد قطر الصدر من الجانبين الأمامي والخلفي (شكل ٦ - ٦) . اتساع الصدر بهذه الطريقة ومن جميع اتجاهاته يؤدي لإنخفاض ضغط الهواء الموجود بالممرات التنفسية مما يؤدي لإندفاع الهواء من الأنف للصدر .

أما الزفير فهو عملية عكسية للشهيق ويبدأ فور الإنتهاء من الشهيق حيث تنبسط عضلة الحجاب الحاجز وعضلات ما بين الضلوع فيعود الحجاب الحاجز لتحديه وتعود الضلوع لوضعها الطبيعي كنتيجة لإنقباض الطبقة الداخلية من عضلات ما بين الضلوع Internal Intercostal muscles . كما أن عضلات البطن تنقلص فتضغط على محتويات البطن فيدفع الحجاب الحاجز تجاه الرئتين . والنتيجة النهائية أن يعود التجويف الصدري لحجمه الطبيعي مما يؤدي لارتفاع الضغط داخل الصدر فتفرغ الرئتان الهواء ويطرد للخارج .



شكل ٦ - ٦ : يوضح عضلات ما بين الضلوع الداخلية والخارجية والضلوع (الوضع أ - أثناء الزفير .
 ب - عند الشهيق) (عن فيرما وآخرون)

(١) العرات (٢) الضلوع (٣) الطبقة الداخلية لعضلات ما بين الضلوع (٤) الحجاب الحاجز (٥) الطبقة الخارجية لعضلات ما بين الصدر (٦) الصدر (٧) القفص الصدري

سرعة التنفس Respiration rate

سرعة التنفس عبارة عن عدد مرات الشهيق أو الزفير الحادثة في الدقيقة . وتختلف سرعة التنفس باختلاف نوع الحيوان وعمره والجهد الذى يبذله ودرجة حرارة البيئة والضغط الجوى وحالات المرض ودرجة إمتلاء الجهاز الهضمى . والجدول التالى يوضح سرعة التنفس فى الإنسان وبعض الحيوانات (جدول ٦ - ١) .

جدول ٦ - ١ : سرعة التنفس فى بعض الحيوانات

النوع	سرعة التنفس / دقيقة	النوع	سرعة التنفس / دقيقة
الإنسان	١٦ - ١٨	الخنزير	٨ - ١٨
الخيول	٨ - ١٦	الكلاب	١٠ - ٢٠
الأبقار	١٨ - ٢٨	الأرانب	١٠ - ١٤
الجاموس	١٥ - ٣٠	القط	٢٠ - ٣٠
الأغنام	١٢ - ٢٠	الدجاج	١٥ - ٣٠
الماعز	١٠ - ١٨	الفيل	١٠٠ - ١٥٠

تنظيم التنفس : Control of breathing

يتم تنظيم وعمق التنفس طبقاً لاحتياجات المتغيرة للجسم من الأكسجين . وعادة ما يكون التنفس ذاتياً ولا إرادياً ولا يمكن أن يكون تحت السيطرة الإرادية . والتنفس الهادئ ينظمه المراكز العصبية الموجودة بالنخاع المستطيل للدماغ . حيث تتكون هذه المراكز من مجموعتين من الخلايا توجد على جانبي النخاع المستطيل ومتصلان ببعضهما . وتقوم كل مجموعة بتنظيم وتنسيق حركة نصف القفص الصدرى الموجود فى نفس الجانب . وتحتوى كل مجموعة جانبية على خلايا تسبب عند تنبيهها الشهيق (مركز الشهيق) وخلايا أخرى يودى تنبيهها إلى الزفير (مركز الزفير) هذه المراكز تنتج تلقائياً مؤثرات إيقاعية منتظمة تؤدى إلى انقباض الحجاب الحاجز والعضلات الموجودة بين الضلوع .

وينظم إيقاع وعمق التنفس بدقة بواسطة تركيز ثانى أكسيد الكربون بالدم . فعند حدوث نشاط عضلى يرتفع مستوى ثانى أكسيد الكربون بالدم وبالتالي يزيد معدل التنفس . ويكون تأثير ثانى أكسيد الكربون بالفعل هو المسبب لزيادة تركيز أيون الايدروجين بالدم . هذه الزيادة فى أيون الايدروجين تنشط مركز التنفس بالنخاع المستطيل مما يودى لزيادة معدل وعمق التنفس .

والظواهر التالية عبارة عن حركات انعكاسية ترتبط بعملية التنفس :

- ١ - الكحة Coughing : عبارة عن انعكاس تنفس Respiratory reflex سببه تهيج في السطح المخاطي للبلعوم أو الجزء العلوى من القصبة الهوائية نتيجة لوصول حبيبات جافة في الزور أو بلع لأبخرة مهيجة . وتتم الإشارة العصبية من أماكن التهيج لمركز التنفس فيحدث زفيراً قوياً مفاجئاً وتكون فتحة القصبة الهوائية مغلقة ثم تفتح فجأة .
- ٢ - العطس Neezing : تحدث الإشارة العصبية الواردة للمركز التنفسي نتيجة غازات مهيجة أو وجود أجزاء دقيقة على السطح المخاطي للممرات الأنفية . ونتيجة لذلك يحدث زفير عنيف Violent expiration تنقبض أثناءه القنوات الأنفية الداخلية وينطرد الهواء إلى الأنف كمحاولة لطرد المادة المهيجة .
- ٣ - الزغطة Hiccough : عبارة عن انقباض مفاجئ للحجاب الحاجز مما يسبب شهيقاً لا إرادياً ويتسبب الصوت المعروف عن الغلق المفاجئ لفتحة القصبة الهوائية . وترد الإشارة العصبية اللازمة لمركز التنفس عن طريق إحدى فروع العصب التائه المعدي ويكون المنبه ناتج عن تهيج معدى .

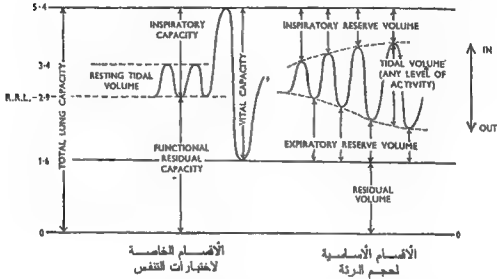
حجوم وسعات هواء التنفس Air volumes and capacities

يمكن قياس كمية الهواء الداخلة أثناء الشهيق أو الخارجة أثناء الزفير باستخدام جهاز قياس التنفس Spirometer . وتختلف هذه الكميات باختلاف الحيوانات . ويمكن تقسيم حجم هواء التنفس إلى تحت أقسام كما يظهر باستخدام مقياس التنفس (شكل ٦ - ٧) إلى الأقسام التالية :

- ١ - حجم هواء التنفس العادى (العبورى) Tidal volume(TV) وهو عبارة عن حجم هواء الشهيق أو الزفير عند التنفس العادى . وهو يزيد عند الاثارة أو النشاط ويبلغ هذا الحجم ٥٠٠ مل فى الإنسان ، ٦٠٠ مل فى الحصان ، ٣٥٠٠ مل فى الأبقار ، ٣٠٠ مل فى الأغنام و ٢٠٠ مل فى الماعز .
- ٢ - حجم هواء الشهيق الاحتياطى (IRV) Inspiratory reserve volume وهو عبارة عن أقصى كمية من الهواء التى يمكن استنشاقها بالإضافة لكمية الهواء المستنشقة تحت الظروف العادية وهى تبلغ نحو ٢٠٠٠ مل فى الإنسان ، ١٢٠٠٠ مل فى الحصان ، ٣٥٠ - ١١٥٠ مل فى الأغنام .
- ٣ - حجم هواء الزفير الاحتياطى (ERV) Expiratory reserve volume وهو عبارة عن

أقصى كمية هواء يمكن طردها بعد الزفير العادى . وهى تبلغ نحو ١٢٠٠ مل فى الإنسان ، ١٢٠٠٠ مل فى الحصان ونحو ١٠٠ - ٢٥٠ مل فى الأغنام .

٤ - الحجم المتبقى (RV) Residual volume وهو عبارة عن كمية الهواء المتبقية بالرئة بعد أقصى زفير يمكن عمله . وتبلغ فى الإنسان نحو ١٥٠٠ مل ، وفى الحصان ١٢٠٠٠ مل .



شكل ٦ - ٧ : رسم توضيحي لأقسام حجم هواء التنفس
القيم على اليسار : تمثل المتوسط بالنسبة للإنسان و R.R.L. تعنى مستوى التنفس عند الراحة
وكلمة حجم تحت قسم فى حين أن كلمة سعة تعنى قسمين أو أكثر من هذه التحت أقسام
(عن بيل وآخرون)

وعند عمل اختبارات التنفس فإنه تقدر قيم خاصة لسعة الرئة تضم قسمين أو أكثر من أحجام هواء التنفس السابق ذكرها كالآتى :

١ - السعة الكلية للرئة (TLC) Total lung capacity وهى كمية الهواء الكلية الموجودة بالرئة بعد أقصى تنفس . وهى تعادل حجم هواء التنفس العادى + حجم الشهيق الاحتياطى + حجم الزفير الاحتياطى + حجم الهواء المتبقى (TLC = TV + IRV + ERV + RV)

٢ - السعة الحيوية (VC) Vital capacity وهى عبارة عن أقصى كمية هواء يمكن طردها بعد أقصى امتنشاق وهى تعادل حجم هواء التنفس العادى + حجم الشهيق

الاحتياطي + حجم الزفير الاحتياطي $(VC = TV + TRV + ERV)$.

٣ - حجم الهواء المتبقى الفعال (FRC) Functional residual capacity وهي عبارة عن كمية الهواء المتبقية بالرئة بعد الزفير الطبيعي وهي تعادل حجم الزفير الاحتياطي + حجم الهواء المتبقى $(FRC = ERV + RV)$.

٤ - سعة الشهيق (IC) Inspiratory capacity عبارة عن أقصى كمية هواء يمكن استنشاقها بعد زفير طبيعي وهي تعادل حجم هواء التنفس العادي + حجم هواء الشهيق الاحتياطي $(IC = TV + IRV)$.

ويلاحظ أن حجم الهواء الذي يصل للرئة يبلغ نحو ٧٠٪ من حجم الهواء المستنشق أما الكمية الباقية (٣٠٪) فإنها تحجز في الممرات التنفسية ولا تشارك في التبادل الغازي . ويطلق على هذا الحجم غير الفعال بالحجم الميت Dead space ويبلغ مقداره في الإنسان نحو ١٥٠ مل . وهو يضم الهواء الموجود بالمناطق من الجهاز التنفسي التي لا يتم فيها تبادل غازات بين الدم والهواء فالأنف والبلعوم والحنجرة والقصبه الهوائية والشعب كلها مناطق لا يتم فيها تبادل غازي وتسمى بالمساحة الميتة . وهي تختلف إذا نظرنا إليها من الناحية التشريحية أو الوظيفية . فالحجم غير الفعال من الوجهة التشريحية عبارة عن أقصى سعة لهذه المناطق وهو لا يتغير كثيرا نتيجة لانقباض أو انبساط الشعب الهوائية . أما من الوجهة الوظيفية فهو عبارة عن الحجم من هذه المناطق الذي يكون قبل الزفير مملوء بهواء يشبه في تركيبه الهواء الجوي ويدخل هذا الهواء مع الشهيق التالي . وعليه نجد أن الهواء المتجدد في الرئة هو ٣٥٠ مل وليس ٥٠٠ مل لوجود نحو ١٥٠ مل في المساحات الميتة .

ويمكن حساب الحجم غير الفعال إذا عرفنا تركيز أحد الغازات في كل من هواء الزفير والهواء الحويصلي وحجم هواء الزفير . فإذا افترضنا أن كمية هواء الزفير ٥٠٠ مل وتحتوي على ٤٪ ثاني أكسيد كربون فإن كمية ثاني أكسيد الكربون بهواء الزفير ستكون $٥٠٠ \times ٤\% = ٢٠$ مل . ولكن هذا الـ ٢٠ مل ثاني أكسيد كربون تأتي فقط من x مل من هواء الحويصلات التي تحتوي على ٥,٥٪ ثاني أكسيد كربون (جدول ٦ - ٢) . وبذلك فإن $x \times ٥,٥\% = ٢٠$ مل أي أن $x = \frac{٢٠}{٥,٥} = ٣٦,٣٦$ مل . وبذلك فإن حجم الهواء الميت في هذا المثال البسيط يكون ١٣٦ مل .

جدول ٦ - ٢ : تركيب هواء التنفس (%)

المكون	هواء الشهيق	هواء الزفير	هواء الحويصلات
الأكسجين	٢٠,٩٣	١٦,٨٩	١٤,٠٨
ثاني أكسيد الكربون	٠,٠٣	٣,٥٠	٨٠,٣٧
النيتروجين	٧٩,٠٤	٧٩,٦١	٥,٥٥
بخار الماء	متغير	مشبع	مشبع

وعلى ذلك يمكن حساب التهوية الرئوية Lung ventilation وهي كمية الهواء الداخلة في الدقيقة بمعرفة حجم هواء الشهيق وعدد مرات التنفس في الدقيقة . فإذا كان حجم هواء الشهيق ٥٠٠ مل وعدد مرات التنفس ١٦ مرة في الدقيقة فإن التهوية الرئوية في الإنسان تعادل $١٦ \times ٥٠٠ = ٨٠٠٠$ مل في الدقيقة . ولكن إذا أخذنا في الاعتبار حجم الهواء الميت فإن الهواء المتجدد في الرئة هو نحو ٣٥٠ مل لوجود ١٥٠ مل في المساحات الميتة . وبذلك فإن التهوية الحقيقية تعادل $١٦ \times ٣٥٠ = ٥٦٠٠$ مل وليس ٨٠٠٠ مل .

تبادل الغازات في الرئة Gases exchange in lungs

يحمل الشريان الرئوي الدم ذو المحتوى المنخفض من الأكسجين للرئتين حيث يتفرع إلى فروع دقيقة جداً تنتهي بشبكة شعيرات دموية تحيط بالحويصلات الهوائية للرئة . جدر الحويصلات والشعيرات الدموية رقيقة جداً ورطبة وهذا يسمح بتبادل الغازات بسرعة حيث يمر الأكسجين من هواء الحويصلات للدم ويمر ثاني أكسيد الكربون من الدم للهواء . ويقوم الوريد الرئوي بإرجاع الدم المؤكسج Oxygenated blood للقلب ومنه للأنسجة .

تبادل الغازات في الرئة يعتمد على الاختلاف بين ضغط الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون في الحويصلات الهوائية للرئتين والدم الوريدي الواصل للرئة (شكل ٨ - ٦) . ضغط الأكسجين في الحويصلات الهوائية للرئتين يكون أعلى (١٠٠ مم زئبق) عما هو في الشعيرات الدموية الوريدية للرئتين (٤٠ مم زئبق) في حين أن ضغط ثاني أكسيد الكربون في الشعيرات الدموية يكون أعلى (٤٦ مم زئبق) عما هو في الحويصلات الهوائية (٤٠ مم زئبق) . وهذا يفسر لماذا يمر الأكسجين من الهواء

للدّم وثانى أكسيد الكربون من الدّم للهواء الذى يطرد بعد ذلك .

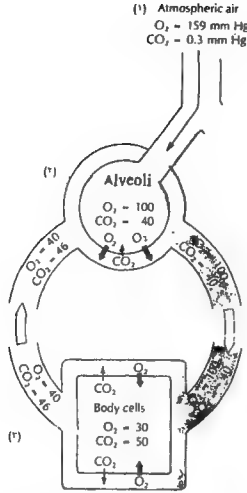
الأكسجين الممتص يرتبط بالهيموجلوبين الموجود بخلايا الدّم الحمراء مكونا مركب مؤقت يسمى الاكس هيموجلوبين Oxyhemoglobin . فى الأنسجة حيث يكون تركيز الأكسجين منخفضا فإن الاكس هيموجلوبين يحرر أكسجينه ويتحول إلى هيموجلوبين مختزل يكون جاهزا للارتباط مع الأكسجين . الأكسجين المتحرر يستعمل بواسطة خلايا الأنسجة ليؤكسد الغذاء المهضوم . ثانى أكسيد الكربون الناتج من عمليات الأكسدة يمر لسوائل الأنسجة حيث يمثل ضغط جزئيا عاليا فيها . الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون يكون فى الدّم المار خلال الشعيرات الدموية للأعضاء منخفضا (٤٠ مم زئبق) عن ما هو موجود بخلايا الأنسجة (٥٠ مم زئبق) ولذلك فإن ثانى أكسيد الكربون ينتشر من سائل الأنسجة للدّم (شكل ٦ - ٨) .

ثانى أكسيد الكربون لا ينوب فقط فى البلازما ولكنه أيضا يدخل فى مكونات كيميائية مع هيموجلوبين خلايا الدّم الحمراء وأملاح البلازما . وهذا يساعد فى حمل وإخراج كل ثانى أكسيد الكربون الناتج فى الأنسجة . الدّم الذى يفقد أكسجينه ويتشبع بثانى أكسيد الكربون يسمى بالدّم الوريدي Venous blood . الدّم الوريدي يمر للارتئين ليخرج ثانى أكسيد الكربون فى هواء الزفير ويرتبط بالأكسجين مكونا الدّم الشرياني Artery blood .

نقل غازات التنفس بالدّم

١ - نقل الأكسجين Transport of oxygen

الدّم يقوم بمساعدة الصبغة التنفسية - الهيموجلوبين - بنقل الأكسجين من الرئتين للأنسجة وثانى أكسيد الكربون من الأنسجة للرئتين . الجزء الأكبر من الأكسجين يكون فى صورة مركب كيميائى غير ثابت هو الاكس هيموجلوبين Oxyhemoglobin وذلك لأن ذوبان الأكسجين فى الماء أو الدّم منخفض جدا (٣,١ مل / ١٠٠ مل دم أو ماء) . فعندما يستنشق هواء التنفس العادى فإن نحو ٩٦٪ من الهيموجلوبين يتحول إلى اكس هيموجلوبين مما ينجم عنه احتواء خلايا الدّم الحمراء على نحو ٦٠ ضعف كمية الأكسجين الموجودة البلازما ، وحيث أن كل جزئى هيموجلوبين نظرا لتكوينه من ٤ وحدات هيم Hame فإنه يتحد مع أربع جزيئات أكسجين . وإذا عرف أن الجرام من الهيموجلوبين يمكن أن يحمل بحد أقصى ١,٣ مل أكسجين تقريبا ويوجد فى دم الأغنام نحو ١٥ جرام هيموجلوبين لكل ١٠٠ مل دم فإن هذا يعنى أن كل ١٠٠ مل دم مؤكسج تحوى نحو ٢٠ مل أكسجين تقريبا . ويسمى هذا الدّم بدم مشبع ١٠٠٪ .



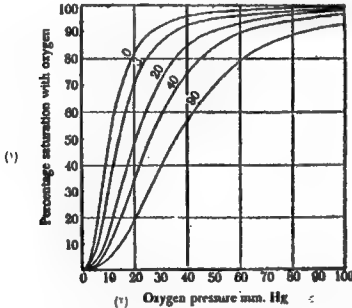
شكل ٦ - ٨ : تبادل الغازات التنفسية بين الدم والربتين وخلايا الأمسجة .
 الأرقام تمثل الضغط الجوي للغاز مقبدا بالمم / زئبق .
 (عن هيكرمان وآخرون)

(1) الهواء الجوى (2) الدمويصلات الرئوية (3) خلايا الجسم

كمية الأكسجين التي تحملها جزيئات الهيموجلوبين بالدم ترتبط بالضغط الجزئي للأكسجين (PO_2) بالدم . فعند تعريض الدم ذو درجة الحموضة الثابتة لضغوط جزئية مختلفة من الأكسجين وبعد الوصول لحالة الإتزان يقدّر المحتوى الأكسجيني للخلايا الحمراء ومنه يمكن الحصول على منحنى يمثل قدره الدم على الاتحاد بالأكسجين تحت ضغوط مختلفة من الأكسجين ويسمى بمنحنى تفكك الأكسجين Oxygen dissociation curve (شكل ٦ - ٩) . حيث يعبر فيه عن المحتوى الأكسجيني كنسبة تشبع . فإذا وجد بعد التعرض للأكسجين النقي أن محتوى الأكسجين ١٩ مل / ١٠٠ مل دم وأن هذا

الدم يسمى بدم مشبع ١٠٠٪ فإن عينة مشابهة من الدم لو عرضت لضغط أكسجين منخفضة وكانت تحتوى ٩,٥ مل / ١٠٠ مل فستكون نسبة تشبعها ٥٠٪ .

وتوضح منحنيات تفكك الأكسجين (شكل ٩ - ٦) تأثير تغير ضغط ثانى أكسيد الكربون على تفكك الاكس هيموجلوبين . فإذا تتبعنا المنحنى (صفر) من اليمين لليساى وحيث لا يوجد ثانى أكسيد الكربون فإن الدم سيكون مشبع تماما بالأكسجين عند ضغط أكسجين قدره ١٠٠ مم زئبق . وعند ضغط أكسجين يبلغ قدره ٤٠ مم زئبق فإن الدم يكون مشبع بمقدار ٩٦٪ ، وعند ضغط قدره ٢٠ مم زئبق فإنه يكون مشبع بمقدار ٨٣٪ . وعند ضغط أكسجين قدره صفر فإنه لا يحتوى أكسجين . وهذا يوضح أنه عند زيادة ضغط الأكسجين فإن التفاعل السابق يزيد جهة اليمين وان الاكس هيموجلوبين يتكون بكمية كبيرة كما هو الحال فى الرئتين . وعندما يقل ضغط الأكسجين كما هو الحال فى الأنسجة فإن التفاعل يزيد جهة اليسار وإن كمية أكبر من الأكسجين تتحرر . ومع زيادة الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون فإن منحنيات التفكك تنتقل لليمين . وهذه الحالة تعنى أنه مع وجود زيادة من ثانى أكسيد الكربون فإن الهيموجلوبين يستطيع حمل اكسجيناً أقل . وتسمى هذه الظاهرة بتأثير بوهر Boher effect .



شكل ٩ - ٦ : منحنى تفكك الأكسجين بدم الإنسان - عند تعرضه لغاز ثانى أكسيد الكربون

عند ضغط يتراوح بين صفر - ٩٠ مم / زئبق
(عن فورما وآخرون)

(١) نسبة التشبع بالأكسجين (٢) ضغط الأكسجين

مقارنة نفس المنحنى (منحنى صفر) الذى يمثل منحنى تفكك الأكسجين عند عدم وجود ثانى أكسيد الكربون مع منحنى وجود ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط ٤٠ مم زئبق (منحنى ٤٠) يمكن ملاحظة أنه عند ضغط جزئى للأكسجين قدره ١٠٠ مم زئبق فإنهما من الناحية العملية يكونا مشبعين تقريبا بالأكسجين أى أن الهيموجلوبين يكون كله تقريبا موجود فى صورة اكس هيموجلوبين . وعند ضغط جزئى للأكسجين قدره ٩٠ مم زئبق وهو تقريبا الضغط الموجود بالشرابيين فإنهما يكونا متمثلين تقريبا ، حيث يكون منحنى (صفر) مشبع بحوالى ٩٩% ومنحنى (٤٠) مشبع بحوالى ٩٥% . وعند ضغط جزئى للأكسجين قدره ٤٠ مم زئبق وهو الضغط الموجود بالآوردة فإن منحنى (صفر) يظل مظهرا نحو ٩٥% تشبع فى حين أن منحنى (٤٠) ينخفض إلى تشبع قدره ٧٢% وهو ما يعنى أن وجود ٤٠ مم زئبق ثانى أكسيد كربون يسبب تفكك نحو ٢٣% من الأكسجين الموجود بالاكس هيموجلوبين . وهذا يوضح أن تأثير ضغط ثانى أكسيد الكربون يضاد مباشرة ضغط الأكسجين وكليهما مرغوب فيولوجيا . وفى الأنسجة حيث تحتوى على ضغط جزئى منخفض من الأكسجين وعالى من ثانى أكسيد الكربون فإن الاكس هيموجلوبين ينفكك بسرعة ويصبح الأكسجين متوفرا لاحتياجات الأنسجة . وفى الرئة فإن ضغط الأكسجين يكون مرتفع ويتكون الاكس هيموجلوبين بسهولة رغم الضغط المرتفع من ثانى أكسيد الكربون .

رقم الحموضة والقلوية (PH) والحرارة ووجود الالكترونوليتات تعتبر من العوامل الأخرى المؤثرة بدرجة كبيرة على نقل الأكسجين بواسطة الهيموجلوبين . فالنقص البسيط فى رقم الحموضة والقلوية (زيادة الحموضة) تشجع تفكك الاكس هيموجلوبين . وبذلك فإن الحموضة الناتجة عن ثانى أكسيد الكربون بالأنسجة تحفز تحرر الأكسجين للأنسجة . كذلك فإن الزيادة البسيطة فى الحرارة ووجود الالكترونوليتات أيضا لهما تأثير مشابه على تفكك الهيموجلوبين ونقل الأكسجين بالدم .

ولقد ثبت أن مركبات عضوية فوسفاتية غالبا ما تكون مركب حامض الجليسيريك ثنائى الفوسفات Diphosphoglyceric acid ذات تأثير ملحوظ على قدرة الهيموجلوبين فى ربط الأكسجين . فالتركيز العالى للجسمرات ثنائية الفوسفات 2,3-diphosphoglycerate (DPG) بخلايا الدم الحمراء يسرع من عملية تفكك الاكس هيموجلوبين . والعكس صحيح حيث أن التركيز المنخفض منها يسبب زيادة تكوين الاكس هيموجلوبين وتتكون هذه المركبات بخلايا الدم الحمراء من الجليكوز والفوسفات .

ومن الجدير بالذكر أن مركب الميوجلوبين Myoglobin الموجود بالعضلات الهيكلية عبارة عن جزئى بروتينى يحتوى على الحديد وتركيبه يشبه وحدة واحدة من جزئى

الهيموجلوبين . هذا المركب يشبه الهيموجلوبين في قدرته على الارتباط بالأكسجين ولكن يبدأ في إطلاق كميات محسوسة من الأكسجين فقط عند ما ينخفض ضغط الأكسجين لأقل من ٢٠ مم زئبق . ولذلك فعندما تكون العضلات في حالة راحة أو تقوم بنشاط محدود فإن الميوجلوبين يحتفظ بأكسجينه . وخلال النشاط العضلي الكبير وحيث تستخدم العضلات الأكسجين بسرعة مما يؤدي لانخفاض الضغط الجزئي للأكسجين بخلايا العضلات لنحو الصفر فإن الميوجلوبين يعطي أكسجينه . وبذلك فإن الميوجلوبين يمثل احتياطي إضافي للأكسجين اللازم لنشاط العضلات .

٢ - نقل ثاني أكسيد الكربون Transport of carbon dioxide

نظراً لأكسدة جزئيات الغذاء الغنية بالطاقة فإن ثاني أكسيد الكربون يتحرر ويتراكم مما يؤدي لزيادة ضغطه الجزئي وبالتالي انتشاره من الخلايا للدم المحيط من خلال جدر الشعيرات . وينقل ثاني أكسيد الكربون بواسطة ثلاثة طرق :

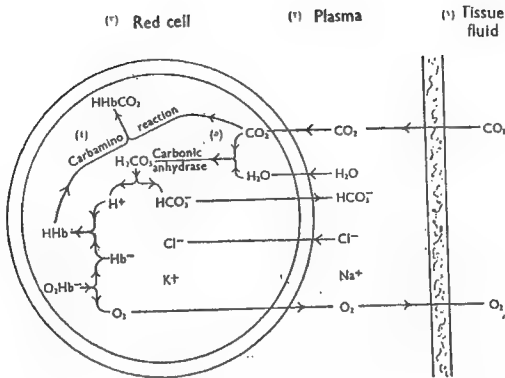
(أ) معظم ثاني أكسيد الكربون (٦٧ ٪) يحول داخل خلايا الدم الحمراء إلى حامض كربونيك عند إتحاده مع الماء . بعد ذلك يتحلل حامض الكربونيك إلى أيونات البيكربونات والايديروجين . وهذا التفاعل يبدأ ببطء شديد ولكن انزيم الكربونيك انهيديراز Carbonic anhydrase الموجود داخل خلايا الدم الحمراء يسرع هذا التفاعل (شكل ٦ - ١٠) .



وينظم ايون الايدروجين بواسطة أجهزة تنظيم عديدة في الدم منها دخول ايونات الكلوريد Cl^- السالبة وهو ما يعرف بالتبادل الكلوريدي . وبذلك يمنع النقص الشديد لرقم الحموضة والقوية بالدم (pH) ، ويبقى ايون البيكربونات في محلول البلازما وفي سائل خلايا الدم الحمراء حيث أنها لا تشبه ثاني أكسيد الكربون فالبيكربونات تنوب بسرعة .

(ب) الجزء الثاني من ثاني أكسيد الكربون (٢٥ ٪) يرتبط عكسيا مع الهيموجلوبين ويحمل إلى الرئتين حيث يطلقه الهيموجلوبين بالتبادل مع الأكسجين .

(جـ) الجزء الثالث من ثاني أكسيد الكربون (٨ ٪) يحمل كغاز ذائب في البلازما وخلايا الدم الحمراء .



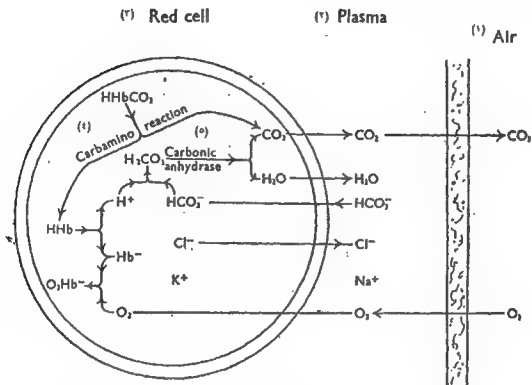
شكل ١٠-٦ : التفاعلات الحادثة عندما يدخل ثاني أكسيد الكربون ويخرج الأكسجين من خلايا الدم الحمراء بالشعيرات الدموية بأنسجة الجسم
(عن بيل وأخرون)

(١) سائل الأنسجة (٢) البلازما (٣) كرة دم حمراء (٤) تفاعل كرباميدو (٥) كربونيك هيدرات

وبمجرد أن يصل ثاني أكسيد الكربون الموجود في صورة بيكربونات أو حمض كربونيك أو مرتبطاً بالهيموجلوبين أو ذائباً بالبلازما إلى أسطح التنفس فإنه يبدأ في الانتشار من الدم لهواء الحويصلات بتأثير إنخفاض الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون بهواء الحويصلات . حيث يلاحظ أن البيكربونات تعود ثانية للاتحاد مع ايون الايدروجين الناتج من تفكك الهيموجلوبين المحتوى على الايدروجين (H.Hb) وينتج عن ذلك حمض كربونيك . وهذا الحامض في وجود انزيم الكربونيك انهيدراز يتحلل إلى ثاني أكسيد كربون وماء الذين يتحررا إلى الحويصلات ثم إلى الجو (شكل ٦ - ١١) .

وعلى ذلك فإن نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون مرتبطين فوجود ثاني أكسيد الكربون بالدم يسبب نقص كمية الأكسجين التي يمكن أن يحملها الدم عند أي ضغط نسبي . وتأثير هذا منبه لتحرير الأكسجين في خلايا الأنسجة حيث يكون ضغط ثاني أكسيد الكربون مرتفعاً وحمل الأكسجين عند أسطح التنفس حيث يكون ضغطه منخفضاً .

وخلال الأنسجة تحتاج باستمرار للأكسجين في حين أنها تطرد ثاني أكسيد الكربون وينجم عن ذلك أن ضغط الأكسجين بالخلايا ينخفض في حين يرتفع ضغط ثاني أكسيد الكربون . ويكون نتيجة ذلك انتقال الأكسجين من الدم لخلايا الأنسجة وانتقال ثاني أكسيد الكربون في الاتجاه المعاكس .



شكل ١١ - ٦ : لتفاعلات الحادثة عندما يدخل الأكسجين ويخرج ثاني أكسيد الكربون لخلايا الدم بالشعيرات الدموية المحيطة بحويصلات الرئة (عن بيل وآخرين)

(١) الهواء (٢) البلازما (٣) كرة دم حمراء (٤) تفاعل كربامينو (٥) كربونيك أنهيدراز

النسبة التنفسية (R.Q) Respiratory Quotient

تسمى نسبة ثاني أكسيد الكربون المتحرر إلى الأكسجين المستهلك في وحدة الوقت بالنسبة التنفسية . ويعنى آخر النسبة بين حجم ثاني أكسيد الكربون الخارج في عملية الزفير وحجم الأكسجين المستهلك والداخل في عملية الشهيق . أى أن

$$\text{النسبة التنفسية} = \frac{\text{حجم أ}_2 \text{ الناتج في وحدة الوقت}}{\text{حجم أ}_1 \text{ المستهلك في وحدة الوقت}}$$

حجم الغاز تحت الظروف المعطاه من الحرارة والضغط يكون متناسب مع عدد الجزيئات التي يحتويها ولذلك فالنسبة التنفسية تكون أيضا عبارة عن نسبة عدد جزيئات ك أ، والأكسجين الموجوده في كل تفاعل لأكسدة الكربوندرات والدهون والبروتينات. وعند أكسدة الكربوندرات فإن النسبة التنفسية تعادل ١ (واحد صحيح) وذلك لأن الأكسجين الداخل يساوى ثانى أكسيد الكربون الخارج كما يتضح من المعادلة التالية :

جلوكوز + ٦ أكسجين \rightleftharpoons ٦ ثانى أكسيد كربون + ٦ ماء + طاقة

وبذلك تكون النسبة التنفسية = $\frac{٦ \text{ ثانى أكسيد كربون}}{٦ \text{ أكسجين}}$ = واحد . ولكن في حالة الدهون فإن النسبة التنفسية غالبا ما تكون نحو ٠.٧، وذلك لأننا لو أخذ تأكد البالمتين كمثال يكون التفاعل كالاتى :

بالميتك + ٧٢.٥ أكسجين \rightleftharpoons ٥١ ثانى أكسيد كربون + ٤٩ ماء + طاقة

وبذلك تكون النسبة التنفسية = $\frac{٥١ \text{ ثانى أكسيد كربون}}{٧٢.٥ \text{ أكسجين}}$ = ٠.٧٠٣

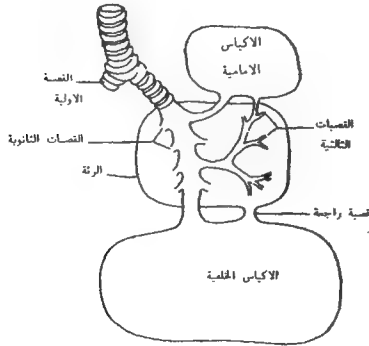
أما النسبة التنفسية للبروتينات فتكون نحو ٠.٨، ونظرا لأن الحيوان يستخدم الثلاث مركبات وعليه تكون النسبة التنفسية مترواحة وبين ٠.٧ - ١ وهى غالبا ما تكون نحو ٠.٨٥ فى الإنسان .

وتقدير النسبة التنفسية مفيد فى الاستدلال على نوع مادة الغذاء المؤكسدة فإذا كانت قريبة من الواحد فهو دلالة على أكسدة الكربوندرات . وإذا قاربت ٠.٧ تشير إلى أن معظم المواد المؤكسدة يكون دهونا . ويجب أن نحاط عند حساب النسبة التنفسية فى المجترات لأن هذه الحيوانات يتكون فى كرشها ك أ، ناتج من فعلة الكائنات الحية الدقيقة على المواد السليولوزية .

الجهاز التنفسي بالطيور Avian respiratory system

حجم الرئتين بالطيور صغير نسبيا مقارنة بالثدييات وتقع الرئتان بالجهة الظهرية من القفص الصدري وتلتصق بالاضلاع مما يحد من اتساعها . والحجاب الحاجز غير موجود بالطيور غير أن هناك تراكيب غشائية بين القفص الصدري والتجويف البطنى . ويوجد بالطيور أكياس هوائية Air sacs مرتبطة بالرئتين يبلغ عددها تسعة بالطيور المنزلية (خمسة أمامية وأربعة خلفية) ولها دور هام فى عملية التنفس .

ويبدأ الجهاز التنفسي بالأنف والمزمار Glottis ثم القصبة الهوائية التى تتفرع لفرعين ويوجد فى منطقة للتفرع عضو الصوت Syrinx بالطيور . وتتفرع القصبة الفرعية إلى فروع ثانوية Secondary bronchi مع استمرار الفرع الرئيسى للقصبة الذى ينتهى فى الأكياس الهوائية البطنية Abdominal sacs (خلفية) . وتتفرع القصيبات الثانوية إلى قصيبات ثالثة Tertiary bronchi .



شكل ٦ - ١٢ : الرئة والأكياس الهوائية بالطيور

ويتم تبادل الغازات في منطقة القصيبات الثلاثة ولذلك فإن هناك علاقة بين عدد هذه القصيبات وسرعة تبادل الغازات . ويوجد بالدجاج نحو ٣٠٠ - ٥٠٠ قصبة . ويبلغ عددها في الطيور التي تطير لمسافات بعيدة أربعة أو خمسة أضعاف عددها بالدجاج . وتحوى القصبات الثلاثة شعيرات هوائية دقيقة تعمل عمل الحويصلات الهوائية بالتدبيبات . وتلاصق الشعيرات الدموية الرئوية الشعيرات الهوائية مما يسمح بسهولة انتشار الغازات حسب ضغطها . واتجاه مرور الهواء بالشعيرات الهوائية يكون عكس اتجاه سير الدم بالشعيرات الدموية مما يزيد من كفاءة الجهاز التنفسي .

وتتصل الأكياس الهوائية بالرئتين عن طريق القصبات الثانوية والثالثية . وهناك قصيبات تأخذ الهواء من الرئتين للأكياس الهوائية وقصيبات أخرى تعيد الهواء من الأكياس للرئتين . وتعد الأكياس الهوائية ممرات للهواء حيث أن تبادل الغازات فيها محدودا لقلة الشعيرات الدموية بجدرانها . وتلعب الأكياس الهوائية دورا في عملية التنفس فعند الشهيق تمتلئ الأكياس الخلفية بالهواء النقي الداخل عن طريق المصالك التنفسية . لذلك يشمل هذا الهواء الموجود في المصالك التنفسية . وفي الوقت نفسه تمتلئ الأكياس الهوائية الأمامية بالهواء القادم من الرئتين أى تمتلئ بالهواء غير النقي . أما عند الزفير ، فإن الرئتين تمتلئان بالهواء النقي القادم من الأكياس الهوائية الخلفية وفي الوقت نفسه يخرج الهواء غير النقي الموجود بالأكياس الهوائية الأمامية عن طريق القصيبات الهوائية لخارج الجسم وبهذه الطريقة يتم تهوية الرئتين والأكياس الهوائية معا أثناء عملية للتنفس .

تنفس الخلايا

Cellular respiration

يعتبر تنفس الخلايا من أهم العمليات اللازمة لحفظ الحياة سواء في الكائنات البسيطة وحيدة الخلايا أو في الكائنات المركبة عديدة الخلايا . توافر المركبات الوسيطة والطاقة اللازمة لهذا وإعادة بناء المادة الحية يلعب دورا هاما في تنفس الخلايا . المادة الخام لهذه العملية هي المواد الغذائية المأكلية بواسطة الكائن الحي مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون . وإذا أخذت الكربوهيدرات (الجلوكوز) كمثال فإن المعادلة التي تحكم التنفس هي :

جلوكوز + ٦ أكسجين → ثاني أكسيد الكربون + ٦ ماء + طاقة (١)

ويتضمن التنفس الخلوى جميع العمليات التى بواسطتها تتأكسد المواد الغذائية وينتج عن ذلك الطاقة التى تحتاجها الخلايا لأداء وظائفها . وعلى أساس المعادلة (١) فإن النواتج الثانوية هى الماء وثانى أكسيد الكربون . وتعتبر الكربوندرات هى مادة التفاعل المباشرة لعملية التنفس فى حين أن البروتينات والدهون تستعمل بعد عمليات معقدة ومتداخلة .

عمليات تنفس الخلايا

عملية تنفس الخلايا تتم من خلال ثلاث مسالك رئيسية هى : تخمر الجلوكوز Glucose Fermentation ، دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل Tricarboxylic acid cycle (TCA) ، والفسفرة Phosphorylation . الممسك الرابع الذى يسمى بأسماء مختلفة مثل ممسك البنتوز فوسفات Pentose Phosphate pathway أو ممسك الفسفوجلوكونات Phosphogluconate ، التخمر الهوائى للبنتوز Aerobic pentose shunt أو دورة فاربورج - ديكنز - ليبمان Warburg - Dickens - Lipman cycle فإن دورة غير واضح فى الإنتاج الكلى للطاقة ويبدو أن فائدته للخلية قد تكون غير مباشرة .

(أ) تخمر الجلوكوز Glucose fermentation : هناك عمليتين لتخمر الجلوكوز يكونا مرتبطتين معا ويؤدىا لتكسير الكربوندرات فى غياب الأكسجين . هاتين العمليتين هما :

١ - تحلل الجلوكوز Glycolysis وفيها يتأكسد جزئى الجلوكوز لا هوائيا وينتج عن ذلك جزئين من حمض الاكتيك وطاقة فى صورة مركب ATP . (شكل ١٣ - ٦) .

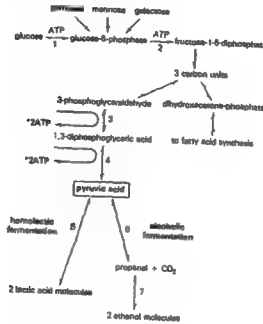
٢ - التخمر الكحولى Alcoholic fermentation وفيها يتكسر جزئى الجلوكوز نو السنت ذرات كربون (ك١ يد١٢) لا هوائيا ليعطى جزئين من كحول الايثانول نو ذرتى الكربون (ك٢ يد٢) مع تحرر طاقة ، جزئين ثانى أكسيد الكربون وماء . وخلايا الخميرة تحدث هذا التفاعل الذى هو أساس إنتاج البيرة . ويمكن تمثيل هاتين العمليتين بالمعادلات التالية :

(٢) $ATP + 2 \text{ فوسفات} + 2 \text{ ماء} \rightarrow ADP + 2 \text{ حمض لاكتيك} + 2 \text{ ماء}$

(٣) $ATP + 2 \text{ فوسفات} + 2 \text{ ايثانول} + 2 \text{ ثانى أكسيد كربون} + 2 \text{ ماء} \rightarrow ADP + 2 \text{ ماء}$

ويلاحظ من المعادلتين السابقتين أن كلا التفاعلين غير عكس وأن جزئين من الـ

ATP ينتجا من كلا التفاعلين حيث أن كل كائن يقوم بالتفاعل الأول أو الثاني وليس الاثنين معا أى لا يوجد كائن ينتج أربعة جزيئات من الـ ATP . ويلاحظ أيضا أن الجلوكوز هو الموضوع فى السلسلة كمادة تفاعل فى حين أن السكريات الأخرى مثل الجالاكتوز ، المانوز والسكريات الخماسية فتقوم بتوريد الجلوكوز اللازم للدورة حيث أن الجلوكوز يمثل أهم الكربوندرات .



شكل ٦ - ١٣ : الخطوات الرئيسية فى تخمر الجلوكوز
(عن هيث ولويساليا)

ويستعمل جزئى واحد من الـ ATP عند كل من الخطوات ١ ، ٢ فى الدورة الموضحة بشكل رقم ٦ - ١٣ . ويقوم الـ ATP بصفه أو تزويد المركبات الوسطى التالية بالطاقة وهى الجلوكوز - ٦ - فوسفات والفركتوز - ١ - ٦ - ثنائى الفوسفات . ويشير السهم المنحنى فى الخطوات ٢ ، ٤ إلى إنتاج جزيئين من الـ ATP عند كل خطوة . وينتج ٤ جزيئات من الـ ATP فى سلسلة التفاعلات التى تنتهى بحمض البيروفيك . ونظرا لأن جزيئين من الـ ATP يستعمل فى خطوتين ١ و ٢ فيكون الناتج النهائى هو جزيئين من الـ ATP يمدا الخلية بالطاقة اللازمة للعمليات الأخرى .

إنتاج حمض البيروفيك يحدث في كل من تحلل الجلوكوز والتخمير الكحولي . غير أن الانزيمات المساهمة في كلا العمليتين مختلفة وهي تشمل : ١ - انزيم اللاكتيك ديهيدروجيناز ويشجع اختزال حمض البيروفيك إلى حمض لكتيك في تحلل الجلوكوز (خطوة ٥) . ٢ - انزيم البيروفيك ديكربوكسيلاز ويساعد تحول حمض البيروفيك إلى ثاني أكسيد كربون (خطوة ٦) . ٣ - انزيم الكحول ديهيدروجيناز يساعد اختزال البروبانال Propanal إلى كحول إيثانل (خطوة ٧) .

جزئى الـ ATP يحتوى ثلاثة مجاميع فوسفاتية مرتبطة معا برابطة تعاونية . وعند التحلل الانزيمى لكل من هذه المجاميع فإن التفاعل يكون مصحوبا بانطلاق قدر من الطاقة الحرة (ΔF) تقوم مكونات الخلية بالاستفادة من هذه الطاقة . القدر المتحرر من الطاقة يختلف حسب الرابطة المحللة حيث أن جزئى الـ ATP يحتوى على رابطتين غنيتين بالطاقة ورابطة فقيرة كما يتضح من الآتى :

- (٤) ATP + ماء \rightarrow ADP + فوسفات ... الطاقة الناتجة ١١,٥ كيلو سعر
(٥) ADP + ماء \rightarrow AMP + فوسفات ... الطاقة الناتجة ١١,٥ كيلو سعر
(٦) AMP + ماء \rightarrow ادينوزين + فوسفات ... الطاقة الناتجة ٢ كيلو سعر

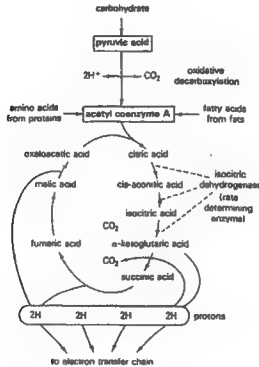
ورغم أن تخمر الجلوكوز عملية لا هوائية ، فإن العملية يمكن أن تحدث في الكائنات الهوائية ، وأن الكائنات الهوائية تعمل على استخدام الأكسجين في بعض العمليات ، غير أن الأكسجين لا يتدخل في عملية تخمر الجلوكوز . بعض الكائنات الهوائية طبيعيا وذات الاحتياجات البسيطة من الطاقة يمكن أن تستعمل هذه العملية لتعيش لفترات طويلة بدون أكسجين حيث أن تحرر جزئين من الـ ATP عند تخمر الجلوكوز يسمح بتوفير قدر محسوس من الطاقة للخلية .

(ب) دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل (دورة كريس) Tricarboxylic acid cycle (krebs cycle)

حمض البيروفيك الناتج من تخمر الجلوكوز يمكن أن يستخدم في تمويل دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل (شكل ٦ - ١٤) وهي عملية هوائية لأنها تتضمن استخدام الأكسجين . وتتوافر الانزيمات ومرافقات الانزيمات اللازمة لها بداخل ميتوكوندريا الخلايا . ويتعرض حمض البيروفيك للأكسدة المؤدية لنزع مجموعة كربوكسيل منه وينتج عن ذلك استيل كوانزيم أ Acetyl Co. A أو الخلايا النشطة Oxidative acetate . الأنزيم المسئول عن ذلك هو الديكربوكسيلاز المؤكسد . decarboxylase

الخلايا النشطة المتكونة من حمض البيروفيك ترتبط مع حمض الاكسالوخلات الموجود طبيعيا بالخلاية لتكون حمض ستريك . هذا المركب يتعرض لسلسلة من التفاعلات الانزيمية التي ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون . ويكون نتيجة الدورة أن الجزيء الواحد من الجلوكوز يتأكسد كلية إلى ثاني أكسيد كربون وماء . حمض الاكسالوخلات المتكون باستمرار يتحد مع الخلايا النشطة . ولذلك فإن العملية كلها تستمر بشكل دورة .

خلال هذه العمليات يحدث نقل للإلكترونات عند نقاط مختلفة من الدورة . حيث يظهر ٢ (يد) في الشكل رقم ٦ - ١٤ فإن هذا يشير إلى أن ذرتي ايدروجين أى بروتونين والكترونين قد نتجوا . المعادلة الكيميائية التي تمثل العملية الحادثة هي :
حمض بيروفيك + ٢.٥ أكسجين → ٢ ماء + ٣ ثاني أكسيد كربون + طاقة (٧)



شكل ٦ - ١٤ : دورة الحمض ثلاثي الكربوكسيل
(عن هيث وأولستيا)

وهذه المعادلة رقم ٧ تعنى أن ذرات الكربون الثلاث الخاصة بحمض البيروفيك سيصبحوا ٣ جزيئات ثانى أكسيد كربون أحدهم سينتج عند تكوين الاستيل كوايزيم أوالاثنتين الاخرين سينتجوا خلال الدورة نفسها . ويتحد خمسة أزواج من ذرات الايدروجين مع خمسة ذرات أكسجين (نظرا لأن العملية الداخلية تكون هوائية) لتكوين خمسة جزيئات ماء ، ولكن ثلاث من هذه الجزيئات تستهلك بعد ذلك .

وتعتبر دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل هامة جدا فى تنفس الخلايا للأسباب التالية :

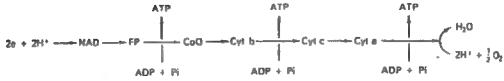
- ١ - هذه الدورة تشغل موضعا مركزيا فى التمثيل العام للخلايا .
- ٢ - المركبات الوسطى فى تمثيل الكربوندرات ، الدهون والبروتين وكذلك نواتج عمليات الهدم تتضمنها العملية .
- ٣ - العمليات الهامة الأخرى لإنتاج الطاقة تحصل على الالكترونات من هذه العملية .
- ٤ - تعتبر هذه الدورة المصدر الرئيسى للطاقة الحرة للكائن الحى . وينتج نحو ٣٦ جزيئ ATP خلال مراحل هذه الدورة .

جـ (الفسفرة المؤكسدة Oxidative phosphorylation :

سلسلة الأكسدة أو التنفس ربما يمكن تعريفها بأنها تكوين مركبات فوسفاتية غنية بالطاقة بواسطة عمليات تتضمن الأكسدة . هذه العمليات ترتبط تماما بدورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل التى توفر المواد البادئة مباشرة . وتحدث السلسلة التنفسية فى ميتوكوندريا الخلايا . ومجموعة الانزيمات التى تتضمنها العملية هى السيتوكروومات Cytochromes التى تساعد فى عمليات الأكسدة التى تستفيد من ذرات الايدروجين لإنتاج جزيئات ماء وجزيئات ATP . وهناك ثلاثة مواقع بالسلسلة يتم فيها تخليق جزيئات الـ ATP . وفى كل موقع يتم اتحاد الـ ADP مع الفوسفات لتكوين جزيئ واحد من الـ ATP وهذا يعنى أنه خلال كل عملية من سلسلة الأكسدة يتم تكوين ثلاثة جزيئات من الـ ATP (شكل ٦ - ١٥) .

ولما كانت العمليات الخلوية تتميز بالتغير المستمر كما أن عمليات الميتابلازم مستمرة ولذلك فإن إنتاج الطاقة يكون مستمر . الطاقة الناتجة من سلسلة نقل الالكترونات (شكل ٦ - ١٥) تضاف لمخازن الطاقة حيث تستعمل عند الحاجة

key: NAD - nicotinamide adenine dinucleotide } electron
 FP - flavoprotein } acceptors
 CoQ - coenzyme Q
 cyt a } cytochromes
 cyt b }
 cyt c }
 e - electron
 H⁺ - proton



شكل ١٥ - ٦ : سلسلة نقل الإلكترونات الحادثة خلال عملية الفسفرة المؤكسدة - NAD - نيكوتين اميدانين داى
 نيكيلويد ، FP - فلافيوبروتين ، Cyt - سيتوكروم ، e - الكترون ، H⁺ - بروتون ، Co Q - كواليزيم Q
 (عن هيث وأوليماسيا)

إليها فى أنشطة الجسم المختلفة مثل النشاط العضلى الحادث عند المشى أو الجرى .

والخلاصة أن تنفس الخلايا يتضمن الهدم الكامل للمواد الغذائية (كربوهدرات - دهون بروتينات) بمساعدة الأكسجين لإنتاج الطاقة اللازمة للحيوان . الطرق التى بها تتحلل هذه المواد الغذائية ترتبط ببعضها جيدا . ويلاحظ أن دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل وسلسلة الأكسدة (التنفس) كلاهما هوائى . ورغم أن تخمر الجلوكوز الذى يشمل عملية تحلل للجلوكوز وعملية تخمر كحولى يطلق عليه تخمر لا هوائى ، إلا أن الكائنات الهوائية تستعمل التخمر الجلوكوزى لإنتاج الطاقة .

العوامل التى تؤثر على سرعة وناتج التنفس الخلوى

هناك عوامل عديدة تؤثر على سرعة وناتج عملية التنفس الخلوى وأهم تلك العوامل هى :

١ - الحرارة : تعتبر من العوامل الهامة المؤثرة على معدل التنفس وذلك لأن الانزيمات تعتمد فى فعلها على الحرارة . وحيث أن التنفس يتضمن سلسلة من التفاعلات التى تساعدها الانزيمات ، فإن زيادة الحرارة يتبعها زيادة سرعة التنفس حتى النقطة التى يحدث منها دنثرة للانزيمات . وفى الحيوانات ذات الدم الحار فإن الحرارة المثلى للأنشطة التمثيلية بما فيها التنفس تكون نحو ٣٧° م . ولكن فى

الحيوانات ذات الدم البارد فإن القيم قد تختلف عن ذلك .

٢ - توافر مادة التفاعل : نوع مادة التفاعل Substrate التى يمكن استخدامها فى التنفس فى حيوان ما عند أى وقت يكون لها تأثير على نسب الغازات المستهلكة والنتيجة .

٣ - توافر الأكسجين : معدل ونتاج التنفس يتأثر بمدى توافر الأكسجين وذلك لأن تركيز الأكسجين يحدد أى مسلك يمكن لحمض البيروفيك الناتج عند نهاية التحلل اللاهوائى للجلوكوز أن يسلكه . وكقاعدة عامة فما فوق تركيزات ٢٪ فإنها تستمر من خلال الاستيل كوانزيم أ لدورة كربس فى حين أن أقل من هذا التركيز فإنها تتحول إلى كحول وثانى أكسيد الكربون .

الفصل السابع

الجهاز الهضمي

The digestive system

تحتاج كل الكائنات الحية إلى طاقة تساعد في المحافظة على نظامها وكيانها المعقد . تنطلق تلك الطاقة عند تكسير الروابط الكيميائية في المركبات الغذائية التي يحصل عليها الكائن الحي من البيئة المحيطة به ويحولها لمركبات أقل تعقيداً مع تكسير روابطها وإطلاق الطاقة منها .

والشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة والتي تستمد منها الحياة على الأرض ، حيث تمتص جزيئات الكلوروفيل في النبات أشعة الشمس وتحول جزءاً من هذه الطاقة إلى روابط كيميائية غنية بالطاقة توجد بالغذاء . وتعتبر النباتات الخضراء من الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophic حيث تحتاج فقط من البيئة المحيطة لبعض المركبات غير العضوية لكي تنتج المواد الخام اللازمة للتخليق والنمو . ولكن الحيوانات فغالباً ما تعتبر كائنات متباينة التغذية Heterotrophic حيث تعتمد على المركبات العضوية جاهزة التخليق من النباتات والحيوانات الأخرى لكي تستمد المواد التي تحتاجها للنمو والتكاثر . وعليه فإن غذاء الحيوانات غالباً ما يتكون من أنسجة الكائنات الأخرى المعقدة والتي تكون أحجامها كبيرة بدرجة يصعب امتصاصها مباشرة بواسطة خلايا الجسم ، لذلك يجب تكسيرها أو هضمها إلى جزيئات ذائبة صغيرة بالقدر الكافي الذي يسهل معه استخدامها .

- ويمكن تقسيم الحيوانات إلى ثلاثة أقسام على أساس سلوكها وعاداتها في التغذية :
- ١ - آكلات الأعشاب Herbivores التي تتغذى أساساً على النباتات وهي تضم مجموعتين من الحيوانات هما المجترات Ruminants مثل الماشية والأغنام والماعز والجمال ، وغير المجترات Non-ruminants مثل الحصان والحمار .
 - ٢ - آكلات اللحوم Carnivores التي تتغذى على لحوم الحيوانات مثل الكلب والقط .
 - ٣ - الحيوانات الرمية Omnivores وتتغذى على كل من المواد النباتية أو الحيوانية مثل الخنازير .

وتتحول أنواع الطعام المأكول بواسطة عملية الهضم Digestion إلى جزيئات ذائبة تمتص بواسطة الدم ومنه للأنسجة المختلفة حيث يتم أكسبتها أو احتراقها لكي تنتج الطاقة اللازمة لأنسجة الجسم . غير أن كثيراً من الطعام قد لا يستخدم في الحال ولكن يخرن للاستخدام وقت الحاجة . وبعد ذلك فإن نواتج عملية الأكسدة أو المواد التي لا تهضم يتم إخراجها . وتسمى كل هذه العمليات في مجملها بعملية التمثيل Metabolism .

أعضاء الجهاز الهضمي The digestive organs :

يتتركب الجهاز الهضمي من أعضاء ترتبط مباشرة بعمله في استقبال ، هضم وامتصاص الطعام وكذلك بمرور المواد الغذائية خلال أجزاء الجسم وطرده الجزء غير المهضوم من الغذاء . ويتكون الجهاز الهضمي من :

(أ) القناة الهضمية Alimentary canal : وهي تمتد من الشفتين Lips إلى فتحة الشرج Anus (شكل ١-٧) وتضم الفم Mouth ، البلعوم Pharynx ، المريء Oesophagus ، المعدة Stomach ، والأمعاء الصغيرة Small intestine ، الأمعاء الغليظة Large Intestine والمستقيم Rectum .

(ب) ملحقات أعضاء الهضم Accessory digestive organs : وتضم الأسنان Teeth ، اللسان Tongue ، الغدد اللعابية Salivary glands ، الكبد Liver والبنكرياس Pancreas .

(أ) القناة الهضمية Alimentary canal :

١ - القناة الهضمية في المجترات Ruminants :

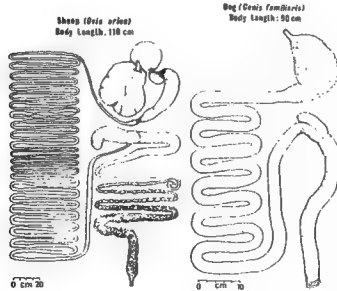
القناة الهضمية في المجترات أكثر تعقيداً عن نظيرتها في غير المجترات (شكل ١-٧) فالمعدة تتتركب من أربعة حجرات هي : الكرش Rumen ، الشبكية Reticulum ، الورقية Omasum والأنفحة Abomasum . والأمعاء عبارة عن قناة طويلة يبلغ طولها نحو ٥٠ متر في الماشية ونحو ٢٥ متر في الأغنام والماعز . الثلاثة حجرات الأول من المعدة المجترية تمثل امتداد أو اتساع للجزء الأخير من المريء في حين أن الأنفحة هي البعدة الحقيقية . هذا المظهر المميز لمعدة المجترات يبدو أنه تطور تحت تنبيه واحتكاك المواد الغذائية به عندما تمر بسرعة وبدون مضغ جيد .

سعة القناة الهضمية تختلف باختلاف نوع الحيوان (جدول ١-٧ ، ٢) . ويلاحظ أن السعة المطلقة Absolute capacity تعنى سعة القناة الهضمية بعد دبح الحيوان وتفرغ

محتوياتها ثم ملئها بالماء . ومن غير المعقول أن تعبر هذه القيم عن السعة الفسيولوجية Physiological capacity الطبيعية داخل الحيوان الحي والتي تقدر بتفريغ محتويات المعدة والأمعاء من الغذاء والماء . والسعة الفسيولوجية أقل كثيراً عن السعة المطلقة . فمثلاً السعة الفسيولوجية لكروش الأبقار تبلغ نحو ٥٠ لتر وتبلغ في الأغنام نحو ٨ لتر وهو ما يقل كثيراً عن السعة المطلقة (جدول ٧-١) .

الفم Mouth :

عبارة عن عضو وظيفته تناول الغذاء ، المضغ ، الخلط باللعاب والاجترار . ويتم تناول الطعام بمساعدة اللسان الخشن والأسنان . وتختلف الحيوانات في طريقة تناولها الغذاء فالفصيلة البقرية تستخدم لسانها الطويل في تناول الغذاء حيث يلتف اللسان حول الغذاء ثم يرد للقم وتقوم القواطع الموجودة بالفك السفلي ووسادة الأسنان في الفك العلوي بقطع نباتات المرعى . وتتميز الأغنام بأن الشفة العليا مشقوقة مما يمكنها من الرعي على مستوى قريب من الأرض . وتستخدم الأبقار والأغنام اللسان أيضاً لتناول المواد المركزة . وتستخدم الخيل الشفاه في تناول الغذاء كما تستخدم الأسنان في قطع الحشائش والأغذية الخشنة .



شكل ٧-١ : القناة الهضمية في الأغنام كحيوان مجتر (أيمن)
والكلب كحيوان غير مجتر (أيسر) . (عن سوينسون)

وبعد أن يتم تناول الطعام يبدأ الحيوان في عملية طحن الغذاء أو اجتراره حيث أن المواد الخشنة التي طحنت مبدئياً خلال المضغ الأولي وخزنت بالكرش الذي تتعرض فيه لفعل الكائنات الحية الدقيقة تدفع مرة أخرى للكرش لإعادة المضغ . ذلك يتم عن طريق انقباض جزئي للشبكية لينتقل جزء من الكتلة الغذائية بالقرب من المنطقة القفوية ثم ينقبض الحجاب الحاجز مع توقف التنفس فينخفض الضغط داخل الصدر ومنطقة المريء فتندفع الكتلة الغذائية من المنطقة القفوية للمريء ثم إلى الفم بمساعدة الحركة الدودية العكسية للمريء . وارتجاع البلعات التي تزن نحو ٩٠-١٢٠ جم يحتاج ٣ ثواني لذهابه للفم ، ٥٠ ثانية لإعادة مضغه ونحو ٥-١٠ ثانية لعودته ثانية . وعليه فالاجترار عملية تستغرق وقتاً طويلاً يصل لنحو ٨ ساعات يومياً . وإذا أزعج الحيوان أو نبه أو مرض تتأثر عملية الاجترار .

وتتم عملية مضغ الغذاء بمساعدة الأسنان . وتتميز الثدييات بوجود أربعة أنواع من الأسنان تتحور كل منها لوظيفة معينة فنجد القواطع Incisors قد خصصت لعملية القص والقطع ، والانياب canines لعمليات التمزيق والثقب ، الضروس الأمامية والخلفية Molars تستخدم للطحن والجرش . ويحدث تحور لهذا النظام في الحيوانات المختلفة تبعاً لطبيعة الغذاء . فالمجترات لا يوجد فيها قواطع بالفك العلوي ويوجد بدلها وسادة غضروفية كما أن الضروس جيدة التكوين وتقوم الفكوك بحركة رأسية أفقية .

وبعد أن تمضغ البلعة وتختلط بالغذاء فإنها تبلغ مرة أخرى بمساعدة عضلات الزور . وفي هذا الوقت تكون البلعة نصف جافة وتمر للحوصلة الظهرية من الكرش ومنها تمر في النهاية للانفحة عبر الشبكية والورقية .

الماء والموائل الأخرى تشرب عن طريق المص مع قفل الشفتين ما عدا المنطقة الامامية حيث تكون فتحة مغموسة في السائل ويكون اللسان هو المسؤول عن المص ، أما القطط والكلاب فتشرب عن طريق عمل ما يشبه الملعقة باستخدام الطرف الحر من اللسان وبواسطته يحمل السائل للفم . وتصل الموائل مباشرة للشبكية و/ أو الورقية وهذا يتم بمساعدة الميزاب المريئي Oesophageal groove .

جدول ٧-١ : السعة المطلقة لأجزاء القناة الهضمية في الحيوانات المختلفة (لتر)

جزء القناة الهضمية	الإنسان ٦٨ كجم	الماشية ٤٥٠ كجم	الأغنام ٧٥ كجم	الحصان ٦٨٠ كجم	الكلب ١٨ كجم
الكرش	-	٢٠٢	٢٣	-	-
الشبكية	-	٨	٧	-	-
الورقية	-	١٩	١	-	-
الأنفحة	١	٢٣	٣	١٨	٤٣
الأمعاء الدقيقة	٤	٦٦	٩	٥٢	١٦
الأمعاء الغليظة	١	٢٨	٥	٩٦	١
السعة الكلية للقناة الهضمية	٦	٣٥٦	٤٤	٢١١	٧

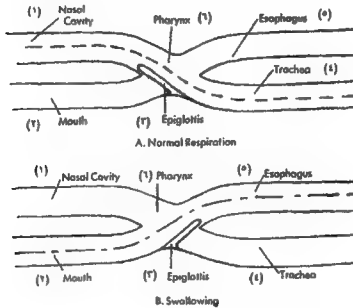
جدول ٧-٢ : السعة النسبية لأجزاء القناة الهضمية في الحيوانات المختلفة
(% من السعة الكلية للقناة الهضمية)

جزء القناة الهضمية	الحيوان				
	الإنسان	الماشية	الأغنام	الحصان	الكلب
الكرش	-	٥٣	٥٣	-	-
الشبكية	-	٣	٥	-	-
الورقية	-	٥	٢	-	-
الأنفحة	١٧	٦	٧	٩	٦١
الأمعاء الدقيقة	٦٦	٢٠	٢٠	٢٥	٢٤
الأمعاء الغليظة	١٧	١١	١١	٢١	١

البلعوم Pharynx :

عبارة عن قناة مشتركة بين كل من الجهازين الهضمي والتنفسي ويفتح فيه من المقدمة الفم وزوج الفتحات الخلفية للممرات الهوائية الأنفية كما يفتح على جانبيه قناتي استاكايوس Eustachian tubes . ومن الخلف ينتهي البلعوم بالحنجرة والمريء ولذلك نجد

أن هواء الشهيق يمر خلال الممرات الهوائية الأنفية ويعبر البلعوم ليندخل القصبة الهوائية عن طريق الحنجرة بينما يدخل الطعام من الفم للبلعوم ليدفع داخل المريء عن طريق حركة العضلات البلعومية . ولذلك فإن طريق الهواء والطعام يتقاطع في البلعوم . وينظم لسان المزمار Epiglottis مرور الهواء أو الطعام للحنجرة أو المريء (شكل ٧-٢) . وعند بلع الطعام يدفع اللسان البلعة الغذائية الرطبة تجاه البلعوم ، وعند ذلك تتمد الفتحة الأنفية الداخلية بطريقة عصبية . وينقلب لسان المزمار على فتحة القصبة الهوائية ليسدّها تماماً . وعند وصول البلعة للمريء فإنها تمر فيه بمساعدة الانقباضات الدودية لعضلاته .



شكل ٧-٢ : علاقة البلعوم والفم بالحنجرة والمريء وذلك خلال التنفس الطبيعي (A) وعند بلع الغذاء (B) (عن فرانسيسون)

(١) تجويف الأنف (٢) فم (٣) لسان المزمار (٤) القصبة الهوائية (٥) المريء (٦) البلعوم

المريء Oesophagus :

عبارة عن أنبوبة عضلية تمتد من البلعوم إلى فتحة الفؤاد المعدية Cardia . ويمتد المريء من الجهة الظهرية للقصبة الهوائية داخلاً التجويف الصدري ليخترقه فيما بين الأورطي والقصبة الهوائية ممتداً في هذا الوضع إلى أن يصل الحجاب الحاجز ثم يتصل مباشرة بالمعدة داخل التجويف البطني عند فتحة الفؤاد .

يتكون جدار المريء من طبقتين من العضلات يتقاطعان عرضياً ثم حلزونياً وأخيراً يتحول إلى دائرية توجد بالداخل وطولية توجد بالخارج . وتتحول ألياف هذه العضلات من المخططة للناعمة عند بداية الثلث الأخير للمريء . وفتحة الفؤاد تقفل جيداً بواسطة انقباض مجموعة عضلات دائرية تسمى العضلة العاصرة الفؤادية Cardiac sphincter . هذه العضلة تتمدد وتنبسط وذلك تفتح الفتحة الفؤادية عند مرور بلعة الغذاء للدخل أو الخارج من الكرش أو عند هروب الغازات .

: المعدة The stomach

تتكون معدة الحيوانات المجترة من أربعة حجرات (شكل ٧-٣) هي الكرش ، الشبكية ، الورقية والأنفحة .

١ - الكرش The rumen :

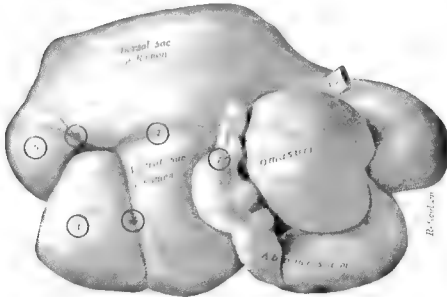
يعتبر الكرش أكبر أجزاء المعدة خاصة في الحيوانات الكبيرة (جدول ٧-٣) ويقوم بدور هام في هضم الغذاء . والكرش عبارة عن حجرة تمتد من خلف الحجاب الحاجز إلى الحوض ويكاد يملأ الجانب الأيسر من التجويف البطني . ويقسم الكرش إلى أكياس بواسطة دعائم كرشية Pillars والتي تظهر على السطح الخارجي للكرش مثل الأخاديد Grooves . وبذلك نجد أن الكرش يقسم إلى كيس ظهري وآخر بطني بواسطة الأخدود الطولي الأيمن والأيسر وكذلك بواسطة الأخدود الخلفي . والكيس الظهري يعلو الكيس البطني ويستمر رأسياً مع الشبكية أعلى ثنية الكرش والشبكية Rumino-reticular fold والتي تفصل أرضية الكرش عن أرضية الشبكية . ويقسم الكيس الظهري إلى جزئين أمامي وخلفي بواسطة الأخدود التاجي الظهري Dorsal coronary pillars . وبالمثل يقسم الكيس البطني بواسطة الأخدود التاجي البطني Ventral Coronary Pillars .

ويطن السطح الداخلي للكرش بواسطة نسيج طلائي طباقى وينتشر على هذا السطح وخاصة الكيس البطني حلمات أو بروزات Papillae مخروطية الشكل ويصل وطولها لنحو ١ سم في حين أن هذه الحلمات تختفي تقريباً من سطح الكيس الظهري (شكل ٧-٤) .

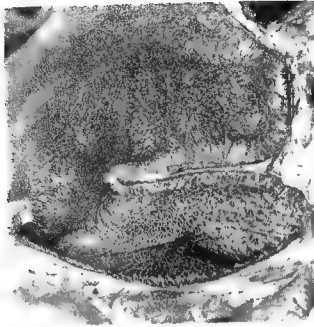
جدول ٧-٣ : تطور أجزاء معدة نكور الأغنام

العمر (يوم)	الوزن (% من وزن المعدة كلها)			المعدة كلها كنسبة من القناة الهضمية كلها
	الكرش والشبكة	الورقية	الأنفحة	
١	٣١	٨	٦١	٢٢
١٤	٣٦	٥	٥٩	٢٥
٣٠	٦٣	٥	٣٢	٢٧
٤٩	٧١	٥	٢٤	٣٥
١١٢	٧٣	٦	٢١	٣٩
كبيرة	٦٩	٨	٢٣	٤٩

The Rumen



شكل ٧-٣ : معدة الأبقار : oes - المريء ، ١ - الأخدود الطولي الأيمن ،
٢ - الأخدود الخلفي ، ٣-٤ الأخاديد التاجية ، ٥-٦ الأكياس الخلفية للمعدة ،
٧ - المنطقة البوابية . (عن فرانتسون)



شكل ٧-٤ : مقطع بكرش ثور موضحاً حلقات الكرش . (عن هيث وأوليسانيا)

٢ - الشبكية Reticulum :

عبارة عن الحجرة المتقدمة من المعدة المجتررة وشكلها يشبه الدورق وأحياناً يطلق عليها قرص العسل Honey comb وذلك لأن جدارها الداخلي مقسم إلى نتوءات تأخذ شكلاً سداسياً يعطيه شكل شمع الأساس في قرص العمل . ويغلف سطحها الداخلي نسيج طباقى . وتقع الشبكية خلف الحجاب الحاجز تجاه القلب مباشرة ولذلك فإن وجود مواد صلبة أو حادة في الغذاء تتجمع في الشبكية مما قد يؤدي لاختراقها جدر الشبكية ووصولها للقلب مؤدياً لحدوث مرض التهاب التامور الوخذي الذي يكثر حدوثه عند تغذية الحيوانات على دريس أو تبين معبأ في حزم مربوطة بالأسلاك .

الأخدود الشبكي Reticular groove والذي غالباً ما يسمى الميزاب المريئي Oesophageal groove والذي يمتد من فتحة الفؤاد إلى الورقية يتكون من ثنيتين عضليتين بانطباقهما تتكون قناة تسمح بمرور المواد من المريء للورقية مباشرة . وظيفة هذا الميزاب تكون أوضح ما يمكن في الحيوانات المجتررة الصغيرة حيث يعمل على مرور اللبن والموائل مباشرة للورقية دون المرور بالشبكية أو الكرش . ولكن بمرور الوقت يضمحل رد الفعل الذي ينظم ضم أو فتح حافتي الميزاب . ولكن رغم ذلك فقد ثبت أنه في الأغنام قد

يحدث مرور لبعض المواد للأنفحة مباشرة .

٣ - الورقية Omasum :

عبارة عن عضو كروي الشكل يمتلىء بالورقات العضلية التي ينتشر فوق سطحها حلقات تغطي بغشاء قرني . وتترتب الورقات بحيث تسمح بمرور الغذاء من فتحة الشبكية الورقية Reticulo-omasal orifice فيما بين الورقات إلى فتحة الورقية الأنفحة Omaso-abomasal orifice . وتتركب الأوراق من ثلاث طبقات عضلية تضم طبقة مركزية تستمر على الجدار العضلي للورقة وتغطي من الجانبين بطبقة مخاطية عضلية . منطقة الاختناق بين الورقية والأنفحة تتكون من ثنائي من الغشاء المخاطي تسمى الغشاء الحلقي النهائي Vela terminalia تشق من الورقية في الماشية ومن الأنفحة في الأغنام .

٤ - الأنفحة Abomasum :

عبارة عن المعدة الحقيقية حيث تمثل أول جزء غدي في معدة الحيوان المجتر . وتقع تجاه الجانب البطني للورقية وتمتد نحو مؤخر الجانب الأيمن للكرش وتنتهي بفتحة البواب Pylorus التي تشبه الصمام والذي تدعمه ألياف العضلات الدائرية الناعمة .

طلائية الأنفحة تتغير فجأة من النسيج الطلائي الحرشي المركب بالورقية إلى النسيج الطلائي الاسطوانى البسيط القادر على إفراز مواد مخاطية وظيفتها تغطية وحماية طلائية المعدة من تأثير العصارات الهاضمة . وينقسم الغشاء المخاطي للأنفحة إلى ثلاث أقسام :

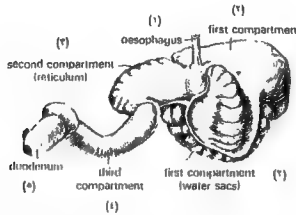
(أ) القسم القوادي Cardiac region وهو قسم صغير عند بداية اتصال الأنفحة بالورقية وتنتشر به الغدد القوادية التي تفرز مخاط .

(ب) القسم القاعى Fundic region وهو قسم يكون ثلثي طول الأنفحة وتكون فيه الطبقة المخاطية انثناءات حلزونية يبلغ عددها ١٢ انثناء . وتنتشر في هذا الجزء الغدد القاعية التي تفرز مخاط وحامض أيدروكلوريك .

(جـ) القسم البوابى Pyloric region ويضم نحو ربع طول الأنفحة وتنتشر به الغدد البوابية وإفرازها مخاطى ويحتوى قليل من الأنزيمات المحللة للبروتين .

ومن الجدير بالذكر أن الجمل يعتبر حيوان مجتر ولكن معدته (شكل ٧-٥) لا توجد مجزأة إلى غرف مثل تلك الموجودة بالماشية أو الأغنام . وتتكون المعدة من ثلاثة غرف أساسية الغرفة الأولى تنقسم لحويصلتين أمامية وخلفية بواسطة دعامة عرضية وعلى

السطح البطني لكلا الحوصلتين يوجد تجويف (حوصلة مائية) يحيط به طلائية غدية مخاطية في حين أن السطح المكشوف من الغرفة تغطية طلائية حرشفية مصففة .
 الغرفة الثانية تحاط بطلائية حرشفية مصففة وتحتوي أيضاً حوصلات مائية ذات تجاويف تحيط بها طبقة طلائية غدية . وهي تشبه الشبكية في الماشية والأغنام . ولا يوجد جزء بمعدة الجمل يقارن بالورقية الموجودة بمعدة المجترات الأخرى . الغرفة الثالثة لمعدة الجمل عبارة عن أنبوبة كبيرة تحاط بطلائية غدية على طولها وفي الخمس الأخير منها يوجد غدد معدية وبوابية كذلك الموجودة في أنفحة المجترات الأخرى .



شكل ٧-٥ : معدة الجمل - الجانب الأيسر مع توضيح الجانب الظهري للغرفة الثالثة . (عن هيث وأوليسانيا)

(١) المرء (٢) الحجارة الأولى (٣) الحجر الثانية (٤) الحجارة الثالثة (٥) الإثني عشر

الأمعاء الدقيقة The small intestine :

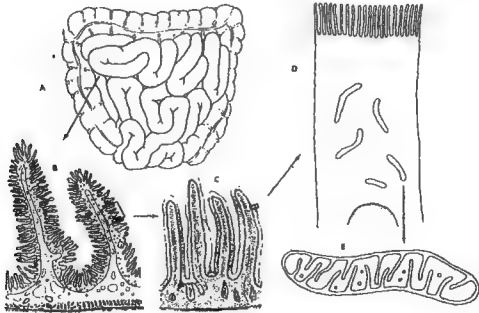
الأمعاء الدقيقة تنقسم إلى ثلاثة أجزاء هي : الإثني عشر Duodenum ، اللفائفي Jejunum ثم المعى الأخير Ileum .

الإثني عشر هو الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة ويتصل بجدار الجسم بواسطة الغشاء الحشوي Mesentery المسمى Mesoduodenum . القنوات الخارجة من البنكرياس والكبد تتصل بالأمعاء عند أول أجزاء الإثني عشر . اللفائفي يمكن تمييزه بوضوح عن الإثني عشر ويبدأ تقريباً عند وضوح ظهور الغشاء الحشوي . ولا يتضح اختلاف كبير

في المظهر بين اللفائفي والمعى الأخير الذي يمثل الجزء الأخير من الأمعاء والذي يتصل بالأمعاء الغليظة عند الانقباض المعوي الأعورى القولوني Ileo - ceco - coli Junction.

ومن الصعب تحديد موقع اللفائفي والمعى الأخير ولكنهما غالباً ما يقعاً تجاه الجزء اليساري البطني في غير المجترات . الجزء النهائي من المعى الأخير يتصل بالأعور في الحصان أو بالقولون في الحيوانات الأخرى وذلك عند الجزء الأخير من التجويف البطني .

الأمعاء الدقيقة تمثل المكان الرئيسي لامتنصاص المواد الغذائية ولا يختلف التركيب الهستولوجي للأمعاء الدقيقة عن بقية أجزاء القناة الهضمية (إلا في تركيب الغشاء المخاطي الذي يتكون من بروزات طويلة تشبه الأصابع تسمى خملات Villi طولها يتراوح بين نصف - ١ مم وقطرها ٢ مم . والحيوانات التي تتصف بسرعة عمليات الهضم والامتصاص تمتلك جهاز متطور من الخملات يوفر لها مسطح واسع للامتصاص . وكل خملة تحاط هي الأخرى بزوائد أصبعية دقيقة تسمى خملات دقيقة Microvilli تزيد من سعة سطح الامتنصاص (شكل ٧-٦) . هذه الخملات تتميز بالانقباض على فترات وتتحرك حركة بندولية ويكون ذلك تحت سيطرة هرمون فليكينين Villikinin مما يساعد في امتصاص نواتج هضم الغذاء .



شكل ٦-٧ : شكل توضيحي للأمعاء الدقيقة يوضح التلافيف الأمعاء حول بعضها (A) السطح الداخلي عليه بروزات أو خملات (B) وهذه الخملات على سطحها خملات دقيقة (C) يتكون سطحها الخارجي من خلايا اسطوانية عليها زوائد مثل الفرشة (D) وتحتوي عدد كثير من الميتوكوندريا النشطة (E) عن سوبسبون .

وتقوم الأمعاء بحركات ذات أهمية كبيرة في نجاح عملية الهضم . وتقوم بهذه الحركات العضلات الطولية والدائرية الموجودة بجدار الأمعاء . وتنظم هذه الحركات بواسطة العصب الرئوي المعدي والأعصاب السمبثاوية وكذلك بواسطة هرمونات الجهاز الهضمي . وتتخذ الحركة بالأمعاء صوراً عديدة مثل الحركة الدودية Peristaltic movement التي تتم بمساعدة العضلات الدائرية وتساهم في انتقال الغذاء من مكان لآخر ، الحركة المجزأة Segmenting movement وتتم بمساعدة العضلات الدائرية التي تنقبض وتنبسط باستمرار مما يؤدي لتجزأة الطعام وخلطه والحركة البندولية Pendular movement وهي تارجح الأمعاء للأمام والخلف أي تمتد وتقلص باستمرار بالتناوب فتعمل على مزج الغذاء بالعصارات الهاضمة .

الأمعاء الغليظة : The large intestine

تتركب من الأعور Cecum والقولون Colon . والأعور في الحيوانات المجترة صغير ولا يتعدى طوله ٧٥ سم وقطره ١٥ سم في الماشية في حين أن طوله نحو ٢٥ سم وعرضه ٥ سم في الأغنام . ويمتد الأعور خلفاً بقرب النهاية البطينية للصلع الأخير إلى مدخل الحوض أما مقدمته فهي استمرار للقولون . وتقع منطقة اتصال الأعور بالقولون أمام مدخل المعى عند الفتحة المعوية - الأعورية - القولونية Ileo-ceco-colic orifice .

القولون يمتد للأمام فيما بين طبقتي الغشاء الحشوي الذي يثبت ويدعم الأمعاء الدقيقة حيث يأخذ شكلاً فوقياً أو حلزونياً ويطلق على هذه المنطقة بالمنطقة القوقعية Ansa spiralis . الجزء الأول يلتف للداخل في اتجاه مركز الحلزون في حين أن الجزء الباقي يلتف للخارج بعيداً عن المركز . وبعد أن يبعد عن المنطقة القوقعية فإن القولون يمر للاتجاه الجانب الأيسر مستمراً جهة الخلف إلى المستقيم Rectum وينتهي بالشرج Anus .

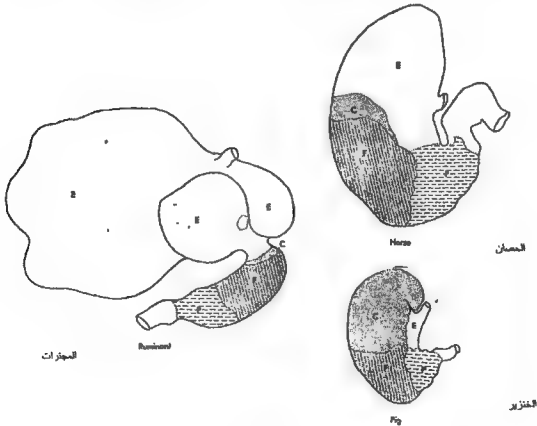
٢ - القناة الهضمية لغير المجترات Non-ruminants

أعضاء الهضم في الحيوانات غير المجترة أكثر بساطة عن المجترات والاختلاف بينهما ينحصر أساساً في المعدة والأمعاء الغليظة وهو ما سنركز عليه . وتبلغ سعة القناة الهضمية في الحصان مثلاً ٢١٢ لتر وفي الكلاب ٧ لتر (جدول ٧-١) . الوصف العام لأجزاء القناة الهضمية باستثناء المعدة والأمعاء الغليظة ينطبق عليه عموماً ما سبق ذكره في الحيوانات المجترة .

المعدة The stomach :

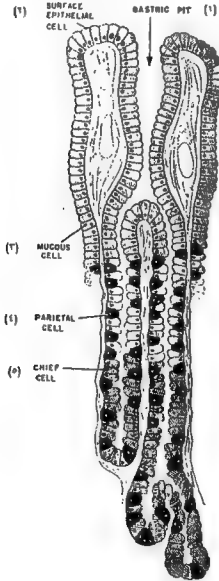
الحيوانات غير المجتررة لها معدة تقع خلف الجانب الأيسر من الحجاب الحاجز وهي عبارة عن تجويف عضلي يشبه حبة المانجو . وتنقسم المعدة إلى ثلاثة مناطق (١) منطقة الفؤاد Cardia وهي عبارة عن منطقة دخول المريء وتكون نسبياً كبيرة في الخنازير وصغيرة في الخيول . (٢) منطقة القاع Fundus، وهي عبارة عن جسم المعدة (٣) منطقة البواب Pylorus وهي الجزء النهائي للمعدة .

المنطقة المرينية Esophageal region من معدة الحيوانات المجتررة تماثل المنطقة الأولى من المعدة Forestomach في المجترات . ويغطي هذه المنطقة نسيج طلائي طبقي حرشفي خالي من الغدد بعكس باقي المعدة الذي له القدرة على إفراز عصارات معدية . ويختلف حجم هذه المنطقة في أنواع الحيوانات المختلفة فهي تكون كبيرة في الخيل (٣٠٪) وتكون صغيرة في الخنازير وتكاد تغيب أو لا توجد في الكلاب (شكل ٧-٧) .



شكل ٧-٧ : مناطق المعدة في الخيل والخنازير والمجترات : E - المنطقة المرينية
 - المنطقة الفؤادية ، F - المنطقة القاعية ، P - المنطقة البوابية . (عن فرائسنون)

يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الغدد بداخل المعدة وهي : ١ - الغدد القؤادية Crdiac gland وهي تشغل المنطقة القؤادية من المعدة وإفرازها مخاطي خالي من الأنزيمات ، ٢ - الغدد القاعية Fundic gland وهي الغدد الأساسية بالمعدة التي تفرز العصير المعدي وهي غدد أنبوبية تفتح قنواتها عند قاع الخملات (شكل ٧-٨) . وتحتوي هذه الغدد على ثلاثة أنواع من الخلايا : (أ) خلايا رئيسية Chief cells تفرز الأنزيمات المعدية ، (ب) خلايا جدارية Parital cells تفرز حمض الأيدروكلوريك ، (جـ) خلايا العنق Mucous cells وتفرز مخاط يختلط بالأنزيمات والحامض قبل إفرازهما بتجويف المعدة . ٣ - الغدد البوابية Pyloric glands وتوجد بالمنطقة البوابية من المعدة ويحتوي إفرازها على مخاط يحتوي على كمية بسيطة من الأنزيمات المحللة للبروتين .



شكل ٧-٨ : الغدد المعدية
في منطقة القاع بالمعدة
(من فرانكسون)

(١) لاهود المعديه (٢) خليه طلائيه سطحيه (٣) خليه مخاطيه

(٤) خليه جدارية (٥) خليه رئيسيه

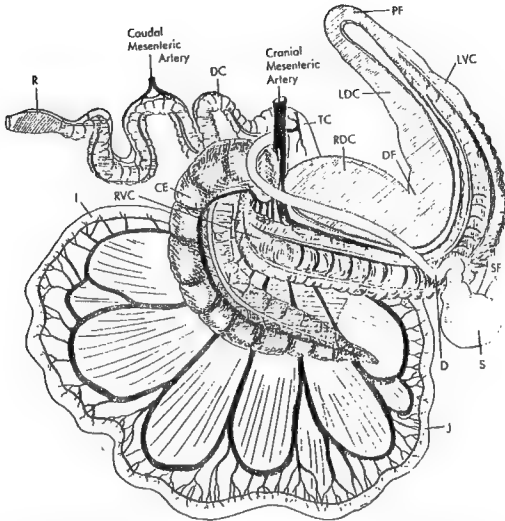
الأمعاء الغليظة The large intestine :

تتكون الأمعاء الغليظة من الأعور وهو عبارة عن كيس ذو فتحة واحدة ومن القولون الذي ينتهي بالمستقيم وفتحة الشرج . وهناك اختلافات واضحة في طول وحجم الأمعاء الغليظة بين الحيوانات المختلفة أكثر عما في الأمعاء الدقيقة (جدول ٧-١) .

الخيول تحتوي على أكبر وأعقد أمعاء غليظة مقارنة بالحيوانات الزراعية الأخرى . ويبلغ طول الأعور نحو ١٥ متر وقطره ٢٥ سم وهو يأخذ شكل حرف او معكوسة ويمتد من الخلف قرب مدخل الحوض على الجانب الأيمن إلى أرضية التجويف البطني ثم نحو الأمام حتى يصل خلف الحجاب الحاجز مباشرة حيث تقع قمته فوق مؤخر عظمة القص الصدري Sternum . وتدخل نهاية المعى الأخير Ileum في الجانب المقعر من الأعور قرب قاعدته بصمام يسمى الصمام المعوي الأعوري Ileocecal valve الذي يعد الحد الفاصل بين بداية القولون ونهاية الأعور (شكل ٧-٩) .

الجزء الأول من القولون المسمى بالقولون الكبير Large colon الذي يبلغ طوله ٣-٣ متر وقطره ٢٥ سم يتقدم للأمام على امتداد الجدار البطني Right ventricle colon إلى أن يصل للجزء القصي من الحجاب الحاجز حيث ينحني نحو اليسار انحناءً كبيراً مكوناً الالتفاف القصي ثم يتقدم للخلف على امتداد الجدار البطني اليساري إلى أن يصل مدخل الحوض . الجزء الثاني المسمى بالقولون الصغير Small colon أو النزول Descending فيبلغ طوله ٣ متر وقطره ٧ سم . فيتكون من عدد من الخيات ترتبط ببعضها بالغشاء البريتوني وهو يقع قريباً من منتصف الجانب الخلفي للتجويف البطني وينتهي بالمستقيم قرب مدخل الحوض . ويخترق المستقيم مدخل الحوض متجهاً نحو أسفل الجدار الظهري فوق الجهاز التناسلي وينتهي بالشرج Anus الذي هو عبارة عن التحام نهاية القناة الهضمية بالجلد . ويكون عبارة عن صمام مدعم بعضلات حلقية من ألياف ناعمة مخططة ويكون مغلق دائماً ما عدا وقت التبرز .

وتتحرك الأمعاء الغليظة حركة دودية ودودية عكسية ضعيفة تساعد على امتصاص الماء . وتعتبر الحركة الدودية الكاملة التي تشمل كل الأمعاء الغليظة من أهم حركات الأمعاء وهي تحدث على فترات أثناء اليوم نتيجة للفعل المنعكس القولوني الذي يحدث نتيجة لوجود الغذاء بالمعدة . حيث يؤدي هذا الفعل إلى انتقال محتويات الأمعاء إلى القولون ثم المستقيم حيث يتم إخراجها بواسطة عملية التبرز Defecation .



شكل ٧-٩ : القناة الهضمية للثعبان : S - المعدة ، D - الاثني عشر ، J - اللفائي ، I - المعوي الأخير ، CE - الأعور ، RVC - القولون البطني الأيمن ، SF - الاثني عشر ، LVC - القولون البطني الأيسر ، PF - الاثني عشر ، LDC - القولون الظهري الأيسر ، DF - الاثني عشر الحجابي ، RDC - القولون الظهري الأيمن ، TC - القولون المستعرض ، DC - القولون النازل (الصغير) ، R - المستقيم . (عن باترجي)

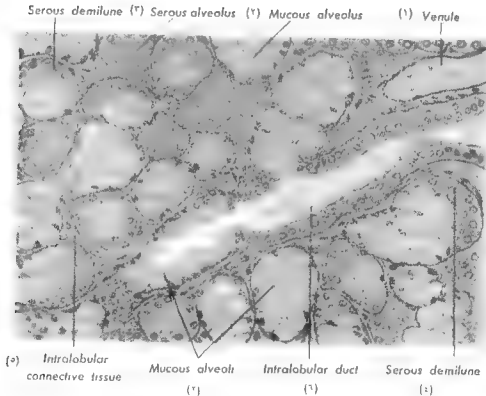
(ب) ملحقات القناة الهضمية Accessory Digestive organs :

(أ) الغدد اللعابية The Salivary glands :

الغدة اللعابية الرئيسية عبارة عن ثلاثة أزواج من الغدد هي : الغدة النكفية Parotid والغدة تحت الفك Mandibular or submaxillary والغدة تحت اللسان Sublingual gland . وتقع الغدة النكفية أمام الأذن وتتصل قنواتها بفراغ للفم على الجانبين عند ضروس الفك

العلوي وإفرازها غالباً مصلي Serous وقد يحتوي على أنزيم التيالين Ptylin في بعض الكائنات مثل الإنسان . الغدة تحت الفك تقع على جانبي الفك السفلي وتفتح قنواتها على جانبي قاعدة اللسان وغالباً ما يكون إفرازها مصلي كما في القوارض أو مختلط (مصلي + مخاطي) كما في الإنسان والأبقار والأغنام . الغدة تحت اللسان وتقع في قاع الفم وتصيب إفرازاتها عن طريق قنوات متعددة تفتح أسفل اللسان في قاع الفم . وهي تكون مخاطية Mucous كما في القوارض أو مختلطة كما في الفصيلة الخيلية والبقرية (شكل ٧-١٠) .

إفراز اللعاب عملية مستمرة ولكن معدل الإفراز يتغير حسب ظروف الغذاء . ويتحكم في إفراز اللعاب فعلين : ١ - الفعل المنعكس الشرطي الناجم عن التفكير في الطعام أو شمه أو رؤيته وهذا يحتاج إلى التعود عليه حتى يتم . و ٢ - الفعل المنعكس المتولد نتيجة تنبيه الغشاء المخاطي المبطن للفم إما بالطعام أو الاجترار أو وجود الغذاء الخشن بالمعدة أو أي مؤثر آخر .



شكل ٧-١٠ : قطاع يوضح تركيب الغدة تحت اللسان في الإنسان (عن كوينهافر وآخرون)

(١) ورئصيفير (٢) حويصلة مخاطية (٣) حويصلة مصالية (٤) خلايا ملاتية مصالية (٥) نسيج ضام بين فص (٦) قناة بين فصيرة

مقدار إفراز اللعاب يتراوح يومياً بين ١٠٠-٢٠٠ لتر في المجترات ويقل عن ذلك في الحيوانات الصغيرة حيث يفرز الحصان نحو ٥٠ لتر ، ويفرز الإنسان نحو ١-١.٥ لتر . ولقد وجد أن كمية اللعاب المفرزة تختلف حسب نسبة الرطوبة بالغذاء . حيث أن الغذاء الجاف يشجع إفراز اللعاب بعكس الأغذية الخضراء (جدول ٧-٤) .

جدول ٧-٤ : متوسط إفراز اللعاب من الأنهار المغذاه على علائق مختلفة

نوع الغذاء	كمية اللعاب المستهلكة يومياً (كجم)	معدل إفراز اللعاب (لتر / يومياً)				كمية الماء الكلية المستهلكة يومياً (لتر / يوم + طعام + شرب + تمثيل)
		(أ)	(ب)	(ج)	(د)	
حشائش	٥٥	١٨٩	١٩٠	١٥٦	-	٢١٥
١٤ كجم دريس	٥٥	١٤٦	١٧٣	١٤٠	١٣٧	١٧٠
٢٣ كجم دريس +	٧٣	١٣٠	-	١١٥	-	١٤٨
٥ كجم مكعبات	٧٣	-	١٢١	-	٩٨	١٤٨
١٨ كجم سيلاج برسيم	٦٤	١١١	-	-	١٥٥	١٢٤
٩ كجم دريس +						
٥ كجم ذرة بكترياتها +						
٩ كجم كسب فول سوداني						

الغدة النكفية Parotid gland في معظم الثدييات عبارة عن غدة مصلية حيث تفرز إفراز مائي رقيق يحتوي أنزيمات (بخلاف المجترات) ، ماء وأيونات معدنية ويحتوي إفرازها مخاط Mucin (جدول ٧-٥) . لعاب الغدة تحت الفك وتحت اللسان يختلف عن لعاب الغدة النكفية في أنه عبارة عن مخاط يتكون من المواد الجليكوبروتينية . ويميل لعاب المجترات للقلوية (pH = 8) .

ويقوم اللعاب بوظائف حيوية هامة حيث يوفر الوسط المائي للبلعة أثناء المضغ فيسهل ابتلاعها وكذلك إرجاعها مرة أخرى عند الاجترار ثم مرورها من أجزاء المعدة المختلفة . والتفاعل القلوي والفعل التنظيمي للعاب لما يحتويه من بيكربونات وفوسفات لهم دور هام في النشاط الحيوي أو الهضم البكتيري بالكركش . كما أن وجود انزيم التالين في لعاب بعض الحيوانات يساعد في هضم الكربوهيدرات حيث يحول النشا إلى المالتوز .

جدول ٧-٥ : متوسط تركيب إفراز الغدة البنكرياسية

المكون	للتكريز	المكون	للتكريز
مادة جافة	٢٨ جم / ١٠٠ مل	مغنسيوم	٠.٦ ملي مكافئ / لتر
رصاص	٠.٩٧ جم / ١٠٠ مل	فوسفور غير عضوي	٥٢ ملي مكافئ / لتر
نيتروجين	٢٠ مجم / ١٠٠ مل	كلوريد	١٧ ملي مكافئ / لتر
صوديوم	١٧٧ ملي مكافئ / لتر	ثاني أكسيد كربون	١٠٤ ملي مكافئ / لتر
بوتاسيوم	٨ ملي مكافئ / لتر	رقم الحموضة	٨.١
كالمسيوم	٠.٤ ملي مكافئ / لتر	والقلوية (pH)	

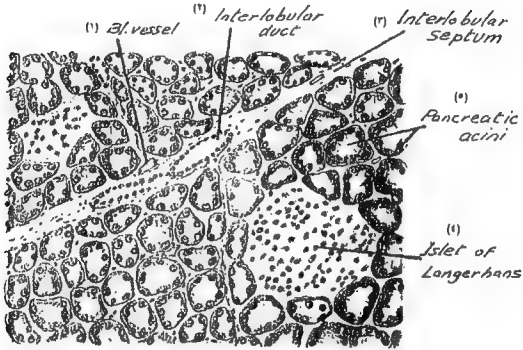
٢ - البنكرياس Pancreas :

يعتبر البنكرياس ثاني الأعضاء الهامة الملحقة بالقناة الهضمية . وهو عبارة عن عضو رقيق متكتل Lumpy ذو شكل متطاوّل وتقع قمته على امتداد الاثني عشر . وتفتح قناته الرئيسية في مقدم الاثني عشر قريباً من القناة الصفراوية الآتية من الكبد . ويبلغ وزن البنكرياس نحو ٣٥٠ - ٥٠٠ جرام في الثور ونحو ٥٠ - ٧٠ جم في الأغنام والماعز . وهو يعتبر غدة أنبوبية بصيلية معقدة ثنائية الغرض إفرازاته الخارجية وهي العصير البنكرياسي عبارة عن عصارة هاضمة وتمثل الجزء الأكبر من إفرازات البنكرياس وتفرز من الغدة الأنبوبية . الإفراز الداخلي للبنكرياس يفرز من أنسجة خاصة تسمى جزر لانجرهانز Islets of langerhans وتمثل نسبة بسيطة (١٪) من وزن البنكرياس وتمز إفرازاتها من خلال الدم (شكل ٧-١١) .

الجزء الخارجي الإفراز من البنكرياس عبارة عن غدة أنبوبية حويصلية . والحويصلات أو العيون الإفرازية Acini تتكون من خلايا تحتوي على حبيبات الأنزيمات الهاضمة (حبيبات الزيموجين Zymogen granules) . وترتبط العيون الإفرازية بقنوات إفرازية تتضمن لبعضها لتصب في النهاية في الاثني عشر . أما جزر لانجرهانز فتحتوي على أربع أنواع من الخلايا : خلايا الفا وتفرز الجلوكاجون وخلايا بيتا B وتفرز هرمون الأنسولين وخلايا دي D وتفرز السوماتوستاتين وخلايا إف F وتفرز مركب عديد الببتيد البنكرياس (شكل ١٠-١٨) .

عصارة البنكرياس أكثر قلوية من عصارة الأمعاء حيث تبلغ درجة الحموضة نحو

٧ - ٧ ص . وهذا راجع لمحتواها من البيكربونات . كما أن العصارة البنكرياسية تحتوي على عدد من الأنزيمات مثل التربسين والأميليز والليباز (جدول ٧-٦) . ويعتمد مقدار العصارة المفرز يومياً على نوع الغذاء ولكن يبلغ متوسط الإفراز اليومي نحو ٦-٧ لتر في الحصان والثور ونحو ٧٥٠ مل في الإنسان .



شكل ١١-٧ : قطاع يوضح تركيب البنكرياس ويظهر فيه العيون الإفرازية لعصارة البنكرياس وجذر لتوهماتز ذلت الإفراز الداخلي . (من عبد القادر)

(١) حاجر بين نسي (٢) قناة بين القصور (٣) وعاء دموي (٤) جزر لتوهماتز (٥) حويصلات بنكرياسية

الإفراز الأولي للعصارة البنكرياسية يتم تحت تأثير عصبي انعكاسي ناجم عن تأثير وجود الغذاء على العصب التائه . واستمرار الإفراز بعد ذلك يتم أساساً تحت تأثير هرمونين هما السكرتين Secretin والبنكروزايمين Pancreozymin . ويترحر هرمون

جدول ٧-٦ : تركيب العصارة البنكرياسية

المكون	المحتوى
١ - المركبات غير العضوية ٪ ١	ص ⁺ ، كل ⁻ بو ⁺ ، كب ⁺ أ ^{-٢} كا ⁺⁺ ، يد ⁺ فو ⁺ أ ^{-٢} مغ ⁺⁺ ، يدك ⁺ أ ⁺ (ص - ٧ ٪)
٢ - المركبات العضوية ٪ ٧-١	تريسينوجين - ليباز - البيومين لكيموتر بسينوجين - أميلاز - جلوبيولين كربوكس ببتيداز - مالتاز - استيراز لاكاز

السكريتين من مخاطية الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة استجابة للأحماض والدهون ونواتج هضم البروتينات . والسكريتين ينه أيضاً إفراز الصفراء من الكبد . أما هرمون البنكريوزامين فهو يفرز أيضاً من مخاطية الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة وربما أيضاً من نهاية الجزء البوابي للمعدة وذلك استجابة لوجود نواتج هضم البروتينات والدهون .

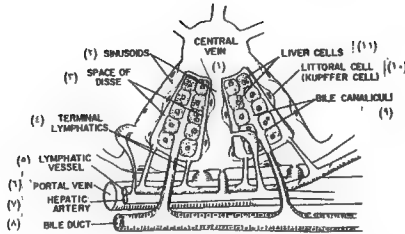
وتقوم العصارة البنكرياسية بعدة وظائف أهمها :

- ١ - تساعد قلبية عصير البنكرياس في معادلة حموضة الكتلة الغذائية Chyme القادمة من المعدة للثنتي عشر .
- ٢ - أنزيم التربسين Trypsin يعمل على تحليل البروتين المأكول إلى عديدات ببتيد وأحماض أمينية ويعمل الأنزيم مثالياً عند رقم حموضة وقوية ٨-٩ .
- ٣ - أنزيم الكيموتريسين Chymotrypsin يعمل على تخثر اللبن .
- ٤ - أنزيم الألفا أميليز Amylase - يقوم بتحويل كل صور النشا إلى مالتوز .
- ٥ - أنزيم الليباز Lipase يقوم بتحويل الجلسريدات الثلاثية المتعادلة إلى جلسريدات ثنائية وأحادية وأحماض دهنية حرة .

الكبد يعتبر من أكبر غدد الجسم خارجية الإفراز حيث يزن نحو كيلوجرام في الإنسان ونحو $\frac{1}{4}$ - ١ كجم في الأغنام . وهو يقوم بدور هام في عملية تمثيل المواد الغذائية . وشكله الخارجي مفصص حيث يتكون من فصين في الأغنام والماشية ومن ثلاثة فصوص في الخيل ومن ٤ فصوص كما في القطط والكلاب . ويقع خلف الحجاب الحاجز مباشرة ويعمل لأن يوجد في الجانب الأيمن للحيوان خاصة في المجترات .

فصوص الكبد الكبيرة تتكون من فصيصات صغيرة جداً (شكل ٧-١٢) كل منها يتكون من عدد من الخلايا كثيرة السطوح تترتب في شكل صفوف تتجمع حول الأوعية الدموية والشعيرات الصفراوية . وفي أثناء مرور الدم في الأوعية الدموية ترشح البلازما وتمري في المصافات أو التجاويف الموجودة بين خلايا الكبد Sinusoid ويتسرب بعضها لداخل الخلايا الكبدية . وتحاط التجاويف الدموية بخلايا النهامية تسمى بخلايا كير Kupffer's cells تمثل أهم أجزاء الجهاز البطني الشبكي Reticulo-endothelial system الذي ينقي الدم من المواد الغريبة . وعند تلاقي الأسطح الخارجية للفصيصات يوجد نسيج ضام يجمع الفصيصات لبعضها وتمر خلاله فروع القنوات المرارية Bile duct وفروع الشرايين الكبدية Hepatic artery والأوردة البابية Portal vein . وفيما بين الفصوص المتجاورة توجد قنوات مرارية تتجمع مع بعضها مكونة قناة عامة تحمل العصارة الصفراوية Bile من الكبد للثنى عشر مباشرة أو إلى الحوصلة الصفراوية Gallbladder حيث تخزن عصارة الكبد . وجميع الحيوانات الممتنسة باستثناء الحصان والغزال والجرذان يحتوي كبدها على حوصلة صفراوية . ومن الحوصلة الصفراوية تخرج قناة صفراوية عامة تصب في أول أجزاء الاثنى عشر . ويدخل الدم الكبد عن طريق الوريد البابي Portal vein الذي يحمل الدم من الأمعاء محملاً بالمواد الغذائية الممتصة كما يستقبل الكبد تمويلاً دموياً آخر هو الشريان الكبدي Hepatic artery حيث يمد الكبد بالمواد الغذائية والأكسجين . ويخرج الدم من الكبد عن طريق الوريد الكبدي Hepatic vein الذي يصب في الوريد الأجوف السفلي .

الكبد متعدد الوظائف حيث يقوم بإفراز الصفراء ، كما أنه يعتبر مخزناً للجليكوجين ومركزاً لإنتاج البلازما وتخليق البروتينات ، ويقوم الكبد بإزالة سمية النواتج الإخراجية للمواد البروتينية وتحطيم كرات الدم الحمراء الهرمة ، كما ويعتبر مركزاً لتمثيل المواد الدنيئة والبروتينية والكربوهيدرات والعديد من المركبات الأخرى .



شكل ٧-١٧ : تركيب أنسجة الكبد موضحاً خلايا الكبد والأنوعية الدموية والليمفاوية والقنوات الصفراوية . (عن سوينسون)

(١) وريد مركزي (٢) تجاويف (٣) مساحة ديزي (٤) نهلات لمفاوية (٥) أوعية لمفاوية (٦) وريد بابي (٧) شريان كبدي (٨) قناة صفراوية (٩) قنوات صفراوية (١٠) خلايا كوفر (١١) خلايا كبدي

ولا تحتوي العصارة الصفراوية أنزيمات ولكن تتكون من الماء وأملاح الصفراء والأصبغ الصفراوية (جدول ٧-٧) . أملاح الصفراء عبارة عن تروكولات الصوديوم Sodium tourcholates وجليكولات الصوديوم Sodium glycolates . وهي ضرورية لإتمام امتصاص الدهون التي تقاوم الهضم بسبب ميلها للبقاء على هيئة حبيبات كبيرة بطيئة التحلل المائي بالأنزيمات . وتقوم أملاح الصفراء باستحلاب الدهون وذلك بتقليل التوتر السطحي للدهون وبالتالي تنكسر لجزيئات صغيرة بمساعدة الحركة الدودية للأمعاء . ويزيد هذا التكمير المبدي أو الاستحلاب من مساحة السطح المعرض لعمل أنزيم الليباز مما يعطيه الفرصة لتحليل الدهون كما أنها تشجع أنزيم الليباز بتوفير الوسط القلوي المناسب لفعله . وتأخذ العصارة الصفراوية لونها الأصفر الذهبي نتيجة لوجود صبغات الصفراء التي تعتبر نواتج تكسير الهيموجلوبين من الخلايا الدموية الحمراء . الهرة وهي أيضاً تعطي للبراز لونه الخاص . وأهم هذه الصبغات البليروبين Bilirubin والبليفردين Billiverdin .

وتفرز الصفراء في القناة الصفراوية من خلايا الكبد وتصب في الاثنى عشر . ويبلغ مقدار الإفراز نحو ٢٥ جم/كجم وزن حي للأغنام والماعز ، ٣٥ جم/كجم وزن حي أرانب ونحو ٢٠ جم/كجم في الكلاب . ويزيد معدل الإفراز تحت ظروف التغذية ويقل عند الصيام . ويلعب هرمون السكرتين وأملاح الصفراء الممتصة من الأمعاء دوراً هاماً

في زيادة معدل الإفراز . وفي الحيوانات التي بها حوصلة صفراوية فإن وجود الأحماض الدهنية بالانثى عشر وكذلك هرمون الكولي سيمتوكينين Cholecystokinin يلعب دوراً هاماً في تقلص الحوصلة وانطلاق العصارة الصفراوية منها .

جدول ٧-٧ : تركيب العصارة الصفراوية للإنسان (%)

العصارة		المكون
عصارة الكبد	عصارة الحوصلة الصفراوية	
٩٨	٨٩	الماء
٢ - ٤	١١	المادة الصلبة
٢ - ٢	٦	الأملاح الصفراوية
٠.٢ - ٠.٧	٢.٥	الاصباغ الصفراوية
١ - ٣	٤	كوليسترول
٢ - ٨	-	فسفوليبيدات (ليسمين)
١	٨	أملاح غير عضوية
٨ - ٨.٦	٧ - ٧.٦	رقم الحموضة والقوية (pH)

عمليات الهضم

Digestive Processes

الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي هي هضم الطعام Digestion وتشمل جميع التغيرات الحادثة للطعام بداخل القناة الهضمية لإعداده لامتنصاص ولاستعماله داخل جسم الحيوان . ونظراً لأن الهضم يحدث بداخل القناة الهضمية ، فإنه يمكن اعتباره عملية منفصلة عن تمثيل الأنسجة بواسطة عملية الامتنصاص Absorption . والامتصاص يحدث بواسطة جدار القناة الهضمية . وتحمل المواد الممتصة بواسطة دورة الدم البابي والجهاز الليمفاوي لمختلف أجزاء الجسم لاستعمالها في تمثيل الأنسجة . وعليه فإن الهضم يتبعه الامتنصاص ثم التمثيل .

ويمكن تقسيم العمليات التي يتم بها هضم المواد الغذائية إلى ثلاثة أقسام :

١ - ميكانيكية Mechanical مثل مضغ الطعام وحركته خلال المعدة والأمعاء .

٢ - إفرازية Secretory مثل إفراز اللعاب من الغدد اللعابية بالفم والعصارة المعدية بالمعدة .

٣ - كيميائية Chemical مثل إفراز حامض الأيدروكلوريك بالمعدة أو أنزيمات الهضم والنشاط الكيميائي للكائنات الحية الدقيقة بالكرش أو الأعور .

١ - هضم وامتصاص الكربوهيدرات Digestion and Absorption of carbohydrates :

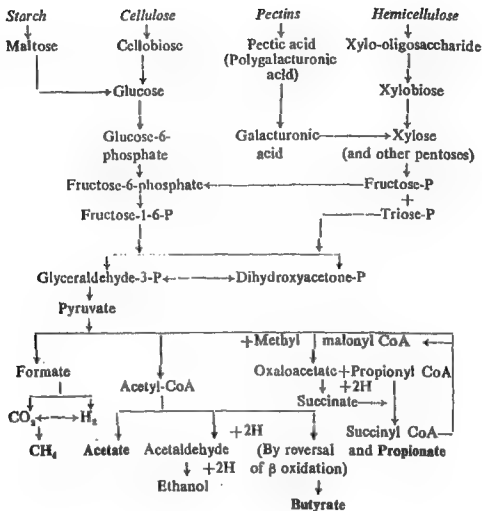
(أ) في المجترات Ruminants

غذاء المجترات غالباً ما يتكون محتواه الكربوهيدراتي من السيليلوز ، الهيمسيليلوز والكربوهيدرات الأخرى التي لا تهاجم بواسطة أنزيمات الهضم المفردة بالمجترات . وتكون نسبة هذه المكونات في نبات المراعي وعلى أساس الوزن الجاف نحو ٢٠-٣٠٪ سيليلوز ، ١٢-١٧ هيمسيليلوز ، ١٠٪ بكتين . وتشكل البروتينات نحو ١-٣٠٪ من الوزن الجاف لنباتات المراعي .

والحيوانات المجترية يمكنها هضم نحو ٧٠٪ من السيليلوز ، والخيول تهضم ٢٠٪ في حين أن الإنسان يهضم نحو ١٪ فقط . وزيادة نسبة اللجنين في المادة المألثة تعوق الاستفادة من السيليلوز . ففي النباتات الغضة التي تحتوي نحو ٥٪ لجنين يمكن الاستفادة بنحو ٨٠٪ من السيليلوز وتنخفض هذه النسبة إلى ٥٠٪ عند ارتفاع نسبة اللجنين إلى ١٢٪ كما في النباتات الكبيرة . وفي الأغنام يتم هضم نحو ٧٠٪ من السيليلوز القابل للهضم في الكرش ، ١٧٪ في الأعور و ١٣٪ من القولون ولا يحدث هضم للسيليلوز بالأنفحة .

وعندما تصل الكربوهيدرات للكرش تخضع للهدم بواسطة الأنزيمات المفردة من الأحياء الدقيقة التي تعيش بالكرش . النواتج الهامة لهذه العملية هي السكريات الأحادية والتي تتحول بعد تكونها مباشرة إلى مخلوط من الأحماض الدهنية الطيارة يضم حمض الخليك Acetic ، البروبيونيك Propionic والبيوتريك Butyric إلى جانب بعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان . والأكثر من ذلك فلقد اتضح أن النشا والسكريات الذائبة الداخلة للكرش تهدم أيضاً بنفس الطريقة (شكل ٧-١٣) .

وتلعب البروتوزوا والبكتيريا الدور الأساسي لعملية التخمر الحادثة بالقناة الهضمية وهي غالباً ما تكون لا هوائية إجبارياً رغم احتمال وجود عدد قليل لا هوائي اختياري . محتويات كرش الحيوان الناضج تحت ظروف التغذية العادية تبلغ نحو ١٠ بكتيريا/مل ونحو ٦٠ بروتوزوا/مل . أنواع البكتيريا والبروتوزوا الموجودة بالكرش والمادة التي



شكل ٧-١٣ : تخطيط لمسارات عملية التخمر الحامضية بالكروم . حيث يكون ناتج تخمر النشا ، السيليلوز ، الهيميسيليلوز والبكتين هو الأحماض الدهنية الطيارة والإيثانول والميثان . (عن بالرجي) .

تعمل عليها وناتج فعلها موضح بالجدول رقم ٧-٨ .

وعند التغذية على الأغذية العادية فإن الناتج المائد هو حمض الخليك (٧٠٪) ويليه البروبيونيك (٢٠٪) ثم البيوتريك (١٠٪) . وعند تغيير مكونات الغذاء إلى غذاء يتصف بالآتي : (أ) ارتفاع المراكزات ، (ب) المواد المائلة مطحونة ، (ج) نقص نسبة الألياف ، (د) أغذية خضراء فقيرة في الألياف وغنية بالكربوندرات الذائبة ،

جدول ٧-٨ : أنواع البكتريا والبروتوزوا المرتبطة بتحليل المواد الكربوندراتية
الموجودة بالنباتات

نواتج الفعل	مادة التفاعل	الكائن الحي
(أ) البكتريا		
السكينات ، الخلات ، الفورمات	الميلوز ، الميلوبيوز ، الجلوكوز ، ك. أ. ب.	Bacteroides succinogenes
السكينات ، الاكتات ، الخلات ، كحول الإيثان ، يد. ب.	الميلوز ، الميلوبيوز ، الزيلان ، ك. أ. ب.	Ruminococcus
البيوترات ، الاكتات ، الإيثانول ، الفورمات ، ك. أ. ب. وفي بعض الأحيان الخلات والبروبيونات	١٢-١٠ نوع من الكربوندرات تختلف حمض الملاكة وتشمل الزيلان	Butyrivibrio
الفورمات ، الاكتات ، الخلات ، البيوترات ، ك. أ. ب. ، يد. ب.	الجلوكوز ، الميلوبيوز ٤ - ٦ نوع من السكريات الأخرى .	Eubacterium
(ب) البروتوزوا :		
نشا مخزن ، يد. ب. ، ك. أ. ب. ، لاكتيك ، خليك ، بيوتريك .	عدد من السكريات والبكتريا	Holotricha
	عدد من السكريات والميلوبيوز	Isotricha
		Dasytricha
نشا مخزن ، يد. ب. ، ك. أ. ب. ، لاكتيك ، خليك وحمض بيوتريك .	النشا ، البكتريا ، البروتوزوا	Oligotrichs
	النشا ، البكتريا ، الميلوز والهيميلوز .	Entodinia
		Diplodinia

(هـ) مكيمات المواد المركزة ، (و) المركزات المعاملة بالحرارة (غنية بالنشا) فإن
هذا النوع من التغذية يؤدي لزيادة نسبة حمض البروبيونيك للخليك وهذه الظروف تشجع
تسمين الحيوانات وتخفيض إنتاج دهن اللبن . حمض البروبيونيك بعد أن يصل للكبد قد
يتأكسد أو يتحول لجلوكوز (المعجزات لا تستطيع استخدام الجلوكوز مباشرة في تخليق
الأحماض الدهنية الذي يتم غالباً من حمض الخليك) . أكسدة حمض الخليك بالكبد تتم
بمعدل قليل ولذلك فإن الجسم يستخدم حمض الخليك لتكوين اللبن أو لأغراض أخرى .

حمض البيوتريك غالباً ما يتحول لأجسام كيتونية في طلائية الكرش . أي كمية من حمض البيوتريك تصل للكبد فإنها أيضاً تمثل للأجسام كيتونية أو تتأكسد في دورة الحمض ثلاثي الكربوكسيل بعد تحولها إلى أسيتل كوانزيم أ .

معدل إنتاج الغازات بالكرش يكون سريع بعد تناول الطعام مباشرة وقد يزيد عن ٣٠ لتر/ساعة في الأبقار . وتتكون غازات الكرش أساساً من ثاني أكسيد الكربون ، الميثان وأحياناً الأزوت بدرجة محدودة كما قد يوجد الأكسجين وكبريتيد الأيدروجين والأيدروجين بدرجة غير ملموسة . ثاني أكسيد الكربون يتكون جزئياً كنتاج ثانوي لعملية التخمر وجزئياً عن طريق تفاعل الأحماض العضوية مع البيكربونات الموجودة باللعاب . ولقد وجد أن نسبة ثاني أكسيد الكربون تصل إلى ٦٥٪ من جملة الغازات بعد ٤ ساعات من التغذية ثم تنخفض إلى ٢٠٪ بعد ٢٤ ساعة من تناول الغذاء . أما غاز الميثان فإن نسبته تكون ٢٥٪ بعد التغذية مباشرة ثم تزيد لنحو ٤٥٪ من جملة غازات الكرش بعد ٢٤ ساعة من التغذية . وهو يتكون من ثاني أكسيد الكربون والأيدروجين وربما يدخل حمض الفورميك في هذه العملية .



الأحماض الدهنية الطيارة تمتص في دورة الدم البابية غالباً خلال جدار الكرش ، ولكن بعضها ربما يمر خلال الشبكية والورفية وحتى في الأنفحة . وكذلك فإن كمية بسيطة من حمض الاكتيك قد تمتص من الأجزاء الداخلية للقناة الهضمية . وتشير الدلائل على أن كميات بسيطة جداً من الجلوكوز تمتص بحالتها عندما تكون العليقة غنية بالنشا أو الكربوهيدرات الأخرى . معظم كمية الغازات الناتجة تفقد بواسطة عملية التجشؤ Eructation . وإذا تجمع الغاز بالكرش فإنه يؤدي لحالة النفاخ Bloat والتي فيها يتمدد الكرش لدرجة قد تؤدي لإعاقة حركة الحجاب الحاجز والضغط على القلب وإعاقة التنفس مما يؤدي لنفوق الحيوان ما لم يسعف .

(ب) في غير المجترات Non-ruminants :

عندما يعضغ الطعام فإنه يمتزج باللعاب الذي يحتوي أنزيم التيالين Ptyalin (لا يوجد في لعاب القط والكلب ، الحصان وجميع المجترات) المفرز أساساً من الغدة النكفية . وهذا الأنزيم عبارة عن اميليز يحلل المواد عديدة السكر مثل النشا والجليكوجين ومشتقاتهم ويحولها لسكر ثنائي هو المالتوز . ونظراً لأن الوقت الذي يمكث فيه الغذاء

بالغم قصير فإن ٣-٥% من كمية النشا هي التي تتحلل لمالتوز قبل بلوغ الطعام . غير أن تأثير هذا الأنزيم يستمر لفترة أطول بعد وصول الطعام للمعدة حتى تختلط الكتلة الغذائية بإفرازات المعدة . بعد ذلك يقف نشاط أنزيم اميليز اللعاب بتأثير حموضة إفرازات المعدة (حيث أن الـ pH الملائم له ٦.٦) . ومع ذلك فقبل المزج الكامل للطعام بإفرازات المعدة يتحول ٣٠-٤٠% من النشا إلى مالتوز .

هضم المالتوز بالأمعاء الدقيقة يتم أساساً بتأثير إفرازات البنكرياس التي تحتوي كمية كبيرة من الألفا اميليز الذي يحلل النشا إلى مالتوز وإيسومالتوز . كذلك فإن كمية بسيطة من الأميليز تفرز في العصير المعوي . وعليه فيعد تفرغ الكتلة الغذائية Chyme من المعدة في الاثنى عشر تختلط بالعصارة البنكرياسية وبذلك فإن النشا الذي لم يتحلل بهضم بالاميليز قبل أن يترك الفانفي .

الخلايا الطلائية للأمعاء الدقيقة تحتوي ٤ أنزيمات هي الاكتيز Lactase ، السكريز Sucrase ، المالتيز Maltase والأيسومالتيز Isomaltase والتي تستطيع تكسير السكريات الثنائية التالية - الاكتوز والسكروز والمالتوز والأيسومالتوز على الترتيب وذلك إلى مكوناتها من السكريات الأحادية . وبذلك يتحلل الاكتوز إلى جليكويز وجلالكتوز ، السكروز يتحلل إلى جلوكوز وفريكتوز . ويعتقد بأن الأنزيمات توجد على حواف الخلايا المحيطة بتجويف الأمعاء مما يعمل على هضم هذه السكريات عندما تصل لحواف الخلايا . نواتج الهضم هي السكريات الأحادية تمتص مباشرة وتنتقل للدم البابي . وعليه فنواتج هضم الكربوندرات بالحيوانات غير المجتررة هي السكريات الأحادية .

السكريات السداسية تمتص بمعدلات مختلفة وإذا أخذ معدل امتصاص الجلوكوز بالآثار بأنه يساوي ١٠٠ ، فإن معدل امتصاص السكريات الأخرى مقارنة بالجلوكوز تعادل ١١٠ للجالكتوز ، ٤٣ للفركتوز ، ١٩ للمانوز ، ١٥ للزيلوز و للأرابينوز . ويكون امتصاص السكريات امتصاص نشط وضد منحني التركيز خاصة الجلوكوز والجالكتوز في حين أن امتصاص الفركتوز ، المانوز ، الزيلوز ، الأرابينوز فلا يكون امتصاصها نشطاً .

رغم عدم مناسبة تركيب الفركتوز ليمتص امتصاص نشط وبالتالي ببطء معدل امتصاصه مقارنة بالجلوكوز والجالكتوز فإنه يتمتع بسرعة أكبر للحركة عن سكر المانوز والزيلوز والأرابينوز وهذا ربما يرجع لتحويل الفركتوز لكلا من حمض الاكتيك والجليكويز بخلايا مخاطية الأمعاء وكلاهما يستطيع بعد ذلك المرور خلال

الخلايا للدم . غياب أنزيم الفركتوكيناز Fructokinase و/أو جليكوز - ٦ - فوسفاتيز من خلايا مخاطية الأمعاء يعزي إليه الاختلافات النوعية في القابلية لتحول الفركتوز . ففي حين أن كلا الأنزيمين يوجدان بمخاطية خنزير غينيا ، فإن أنزيم الجلوكونز - ٦ - فوسفاتيز يغيب في الإنسان والفأر وبالتالي يعتقد بأن هذه الأنواع لا تستطيع تحويل الفركتوز بخلايا مخاطية الأمعاء .

الميكانيكية الحقيقية لعملية نقل السكريات غير معروفة ، ولكن يعتقد بوجود حامل Carrier على حافة الغشاء المخاطي والمجاورة لتجوييف الأمعاء حيث يلتصق بها السكر . السكريات التي تنتقل بواسطة النقل النشط يثبط بعضها البعض الآخر مما يوجب بوجود حامل ومسلك عام لهذه السكريات . معقد السكر والحامل لا يتحرك في غياب أيونات الصوديوم (Na^+) الذي يسرع من دخول السكر بدون أن يؤثر على قدرة السكر على الارتباط بالحامل .

٢ - هضم وامتصاص البروتينات : Digestion and Absorption of proteins

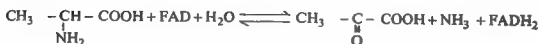
(أ) في المجترات Ruminants :

هضم وامتصاص البروتينات في المجترات يتميز بصفات خاصة نظراً لوجود المعدة المركبة . ومنذ عام ١٩٢٨ ثبت أن الكائنات الحية الدقيقة التي تسكن الكرش مسؤولة عن التحلل المائي للبروتينات وذلك بواسطة أنزيمات التحلل المائي لبروتينات الطعام والتي ترتبط بأجزاء غشاء الخلية التي تفرزها . ولقد ثبت أنه خلافاً عن الحيوانات وحيدة المعدة ، لا توجد مصادر للأنزيمات المحللة الحرة بجدار الكرش . وعليه فإن كل المركبات النيتروجينية البروتينية وغير البروتينية تتحلل مائياً بواسطة البكتريا والبروتوزوا التي تمكن الكرش (شكل ٧-١٤) .

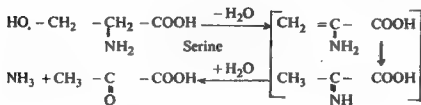
التحلل المائي للبروتينات : Proteolysis :

تحت الظروف العادية للتغذية فإن معظم المكونات النيتروجينية الداخلة للكرش تكون عبارة عن بروتين . ونظراً لعدم وجود أنزيمات حرة محللة للبروتين خارج الخلايا تفرز بأى جزء من الكرش ، فإن هضم بروتينات الغذاء يتم بواسطة أنزيمات ميكروبات الكرش . حيث يتم أولاً تحلل البروتينات للأحماض أمينية يتبعها التحول للأمونيا . معدل عملية التحلل البروتيني يعتمد على درجة نوبان البروتين بمسائل الكرش .

ورغم النشاط الكبير المحلل للبروتين بالكشر ، فإن تركيز الأحماض الأمينية في سائل الكرش منخفض نظراً لوجود أنزيمات ميكروبية تنزع مجموعة الأمين Deaminase ويزيد نشاطها عند زيادة محتوى الغذاء من البروتين . عملية نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية قد تكون مؤكسدة Oxidative أو غير مؤكسدة . عملية نزع الأمين المؤكسدة يتم فيها نزع مجموعة الأمين مقروناً بعملية أكسدة حيث تتحول (١) الأحماض الأمينية من نوع ألفا إلى الأحماض الكيتونية من نوع ألفا و (٢) تتحول مجموعة الأمين إلى أمونيا . ويساعد هذا التفاعل أنزيم أكسيداز الحمض الأميني Amino acid oxidase وهو أنزيم يحوي مرافق أنزيم مؤكسد هو FAD . مرافق الازم المختزل يعاد أكسدته بواسطة الأكسجين الجزيئي (وليس عن طريق سلسلة التنفس) ليكون ماء الأكسجين (H₂ O₂) . وتحت تأثير أنزيم الكatalase يتكسر ماء الأكسجين إلى ماء وأكسجين .

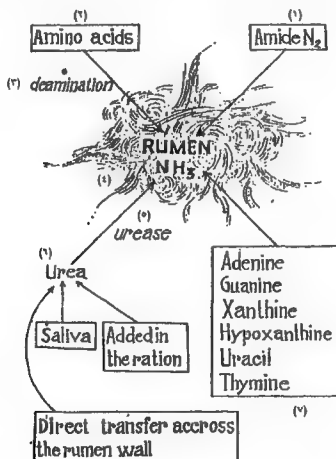


عملية نزع الأمين غير المؤكسد تساهم في إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا بالكشر . حيث أن الأحماض الأمينية الأيدروكسيلية مثل السيرين Serine والثريونين Threonine ينزع منها مجموعة الأمين بمساعدة أنزيم ديهيدراز الحمض الأميني Amino acid dehydrase . ويساعد الأنزيم في تكوين مركب وسطي غير ثابت عن طريق تكوين مركب وسطي غير ثابت بعد نزع الماء . هذا المركب يتفاعل حينئذ مع الماء للإنتاج حامض كيتوني من نوع ألفا وأمونيا .



Ammonia Pyruvic acid

المواد الغذائية التي تتناولها المجترات تحتوي أيضاً على قدر محسوس من المواد النيتروجينية غير البروتينية (NPN) وتبلغ نسبتها في نباتات المراعي نحو ٢٠-٣٠٪ من جملة المواد النيتروجينية الكلية . وقد يحتوي السيلاج على نسبة أكبر وتشمل هذه المواد الأحماض الأمينية ، الببتيدات ، أحماض نووية ، نيترات وأمينات مختلفة . هذه المكونات سريعة الهدم بالكربش منتجة أمونيا وقليل من الأحماض الدهنية الطيارة وبعض المركبات الأخرى . الأحماض الدهنية الناتجة من الهدم الميكروبي للمواد النيتروجينية غير البروتينية غالباً ما تكون أحماض تحتوي ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ذرات كربون . وقد تضاف بعض المواد النيتروجينية غير البروتينية مثل اليوريا لغذاء المجترات بنسبة معينة . النشاط القوي للإنزيم اليورياز Urease المفرز من بكتريا الكربش يحول اليوريا الداخلة إلى أمونيا . وعليه يبدو أن الأمونيا تعتبر مركباً وسطياً هاماً في تحول نيتروجين الغذاء إلى نيتروجين ميكروبي (شكل ٧-١٤) .



شكل ٧-١٤ . المسارات المحتملة لتكوين الأمونيا بالكربش من المواد النيتروجينية غير البروتينية (عن بارثي)

نيتروجين أميدى (١) أحماض أمينية (٢) مزج الألبان (٣) أمونيا الكربش (٤) يوريا (٥) يوريا (٦) اليوريا (٧) مواد نيتروجينية غير بروتينية

إنتاج الأمونيا : Ammonia production :

يتم في الكرش تحلل سريع للبروتينات وينتج أحماض أمينية يحدث لها بالتالي نزع لمجموعة الأمين وتكوين الأمونيا . والبروتينات سريعة الذوبان بالماء تنتج كمية كبيرة من الأمونيا بالكرش . وعندما يكون معدل نزع مجموعة الأمين أبطأ من عملية تحلل البروتين فقد يزيد تركيز الأحماض الأمينية والبيبتيدات بالكرش بعد تغذية الحيوان . ولكن من الناحية الواقعية ففي النهاية تنزع مجموعة الأمين من كل الأحماض الأمينية ويصل أقصى تركيز للأمونيا بعد ٣ ساعات من التغذية .

الأمونيا تتكون أيضاً من مصادر غير الأحماض الأمينية . فكثيراً من البروتينات تحتوي نيتروجين أميدي Nitrogen amide ولقد وجد أنزيم اميداز Amidase في كثير من بكتريا الكرش المحللة للبروتين . وعدداً من مشتقات اليوريا مثل البيوريت Biuret وبعض الاميدات مثل خلات الجواندين قد تمثل بواسطة بكتريا الكرش ولكن لا يوجد دليل على تحرر أمونيا نتيجة لتلك العملية . وتقوم بكتريا الكرش بتحرر الأمونيا من الألبانين ، الجوانين ، الزانثين ، الهيبوزانثين ، حمض اليوريك ، اليوراسيل والثيمين . وهناك مصدر آخر للأمونيا هو اليوريا التي تضاف للأغذية أو المصاحبة للعاب أو تلك الراجعة خلال جدر الكرش مباشرة . وأي كان المصدر فإن الناتج النهائي لفعل أنزيمات الميكروبات هو الأمونيا (شكل ٧-١٤) .

مصير الأمونيا : Fate of ammonia :

الأمونيا الناتجة من تحلل البروتينات لأحماض أمينية ثم نزع مجموعة الأمين منها أو من المواد النيتروجينية غير البروتينية يحدث لها الآتي :

١ - تستعمل الأمونيا خلال عملية انقسام وتكاثر ميكروبات الكرش لتكوين بروتين خلاياها وذلك في وجود كربوهيدرات ذائبة مثل النشا . وزيادة عدد الكائنات الدقيقة بالكرش فإنها تمر مع الكتلة الغذائية للأنفحة والأمعاء الدقيقة حيث تهضم بروتينات خلاياها بواسطة أنزيمات المعدة العادية وتمتص كوحدات أحماض أمينية بالأمعاء الدقيقة . كمية البروتين الميكروبي الناتجة من الكرش تكون دليلاً على كمية النيتروجين والطاقة المتوفرة لنمو الميكروبات والطبيعة اللاهوائية لعملية التخمر بالكرش . ولقد ظهر أن الحيوان يمكنه الحصول على ٢٠ جم من البروتين الميكروبي الخام / ١٠٠ جم من المواد العضوية المهضومة بالكرش .

٢ - جزء من الأمونيا الموجودة بالكرش تمتص مباشرة وتصل الدم للجهاز حيث

تتحول بالكبد إلى يوريا وجزء صغير أيضاً قد يستعمل لتخليق أحماض أمينية غير ضرورية أو بعض المركبات الأخرى . ومعدل امتصاص الأمونيا يعتمد على درجة حموضة وقلوية الكرش pH (التي تتراوح بين ٥.٢ - ٧.٢ بمتوسط ٦.٦) حيث أن الأمونيا تمتص بسرعة أكبر في صورة غير متأينة . زيادة الحموضة بالكرش نتيجة لتخمير الكربوندرات يؤدي لخفض معدل امتصاص الأمونيا وهذا قد يفسر جزئياً حدوث زيادة في احتجاز النيتروجين عند التغذية على كربوندرات مع المصدر النيتروجين الذي يتحول بسهولة إلى أمونيا بالكرش .

٣ - جزء من الأمونيا قد تمر إلى بعض حجرات الكرش الأخرى مثل الشبكية والورقية والأنفحة .

إعادة دورة اليوريا Urea recycling :

ثبت أن يوريا الدم تعود مرة ثانية للكرش بطريق مباشر بمرورها عبر جدار الكرش وغير مباشر خلال اللعاب (شكل ٧-١٥) . وفي الأغنام المغذاة تغذية عادية فإن نحو ٢٠٪ من النيتروجين الممتص كأمويا يعاد دورته . هذه العملية ذات أهمية في الحيوانات التي تأكل أعذية فقيرة في النيتروجين مثل الأتيان .

تخليق البروتين الميكروبي Microbial protein synthesis :

الأمونيا هي المصدر النيتروجيني الذائب الوحيد الذي تستطيع الميكروبات الاستفادة منه في بناء البروتين اللازم لها . ولقد تأكد هذا باستخدام الكرش الصناعي In vitro . إضافة الكبريت سواء في الحيوانات أو في بيئة الكرش الصناعي تحدث زيادة في نمو ميكروبات الكرش حيث يستخدم في تخليق الأحماض الأمينية الكبريتية في بروتين البكتريا . ولقد ظهر أن نحو ٥٠٪ من النيتروجين الموجود بالنباتات يحول إلى نيتروجين ميكروبي . وهذه العملية تتيح الاستفادة من نيتروجين الغذاء الموجود في صورة بروتين ، يوريا أو أملاح أمونيا وتحولها إلى بروتين ميكروبي ذو قيمة بيولوجية مرتفعة .

ولقد لوحظ أن عملية التخليق البروتيني التي تقوم بها ميكروبات الكرش مستخدمة الأمونيا كمصدر للنيتروجين قد تضطرب خلال المعاملة بالمضادات الحيوية . وبالمثل فتغير الحموضة والقلوية نتيجة للاضطرابات المتبايلة أو الأمراض نتيجة لحدوث فرح بالكرش يؤثر على تكاثر الكائنات الدقيقة بالكرش .

امتصاص الأحماض الأمينية Absorption of amino acids :

في الظروف العادية للتغذية يكون تركيز الأحماض الأمينية بالكرش منخفض جداً عدا عقب التغذية مباشرة وخاصة على الأغذية الغنية بالبروتينات الذاتية . إضافة لذلك فتحت هذه الظروف يكون معدل هدم الأحماض الأمينية الحرة بواسطة ميكروبات الكرش مرتفعاً وبالتالي لا يحدث لها امتصاص جوهري بالكرش . ورغم ذلك فلقد تأكد حدوث نقل للجليسين عبر طلائية الكرش حيث ثبت زيادة مستوى الجليسين بدم الأغنام والماعز بعد إضافته للكرش .

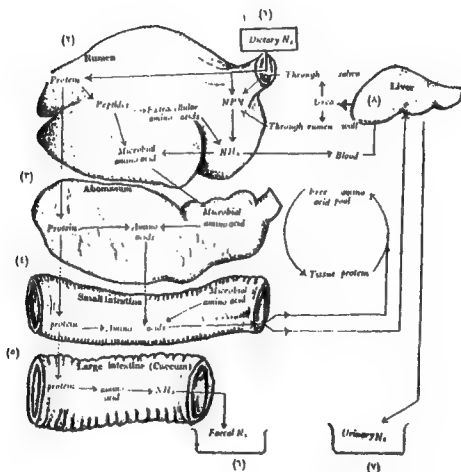
ونظراً لأن حياة الكائنات الحية الدقيقة قصيرة جداً ، فإنها تمر بكميات وافرة مع الكتلة الغذائية أثناء هضمها بالقناة الهضمية وعن هذا الطريق فإن أعداداً هائلة من الميكروبات تصل للأنفحة بحيث تفرز أنزيمات محللة للبروتين من غدها الجدارية . كما أن هذه الكائنات عندما تصل للأمعاء الدقيقة تتعرض للعصارة البنكرياسية ولأنزيمات الأمعاء الدقيقة المحللة للبروتين والمتوفرة بقرب حواف أغشية الخلايا الطلائية فتعمل على الكائنات الميتة فتكمل هضمها لأحماض أمينية كنواتج نهائي . هذه الأحماض الأمينية تمتص عبر الخلايا الدقيقة للأمعاء الدقيقة وتنقل للدم حيث يستخدمها الجسم في النمو وتعويض الأنسجة المفقودة ، حفظ مخازن البروتين بالجسم وللإنتاج مثل اللبن واللحم وغيره .

هضم المواد النيتروجينية بالأمعاء الدقيقة Digestion of nitrogenous compounds :

بصرف النظر عن الأمونيا التي لا توجد بكمية جوهريّة بالأمعاء الدقيقة ، فإن المركبات النيتروجينية الداخلة للأنثى عشر تتكون أساساً من البروتينات التي قد تهرب من الهضم بالأنفحة أو قد تكون نواتج للهضم الجزئي للبروتين الذي يكون مصدره الأساسي البروتين الميكروبي أو جزيئاً من الإفراز الداخلي في الأنفحة (شكل ٧-١٥) . الأحماض النووية قد تساهم بنسبة محسوسة من النيتروجين في الكتلة الغذائية للإنثى عشر .

وفي الأمعاء الدقيقة يعاد هضم البروتين غير المهضوم إلى أحماض أمينية بعضها قد يحدث له نزاع لمجموعة الأمين وتكوين أمونيا . الأمونيا المتكونة تمتص وتصل للدم الجهازى خلال الطلائية المحيطة بالأمعاء الدقيقة . الأنزيمات اللازمة لهذا مثل التربسينوجين والكميوتريسينوجين تفرز مع العصير البنكرياسي . أنزيم الأنثيروكيناز

المحلل للبروتين المفرز من خلايا الإثني عشر ينشط تحول انزيم التربسينوجين إلى تربسين . وهناك عدد من الأنزيمات الأخرى المحللة للبروتين مثل الأمينو بولي بيتيداز والداي بيتيداز وغيرها تفرز عند الحافة المشرفة للخلايا الطلانية بالأمعاء الدقيقة. هذه الأنزيمات تكون مسؤولة عن التحلل النهائي للبيتيدات إلى أحماض أمينية .



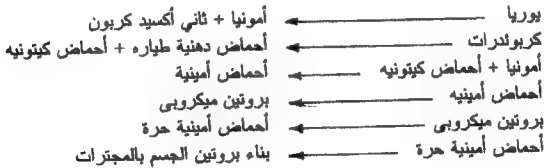
شكل ٧-١٥ : رسم لتوضيح الاستفادة من البروتينات والمواد النيتروجينية غير البروتينية في المجترات (عن بالرجي) .

(١) بروتين الغذاء (٢) الكرش (٣) الأمعاء الدقيقة (٤) الأمعاء العظيمة (٥) بروتين الفروت (٦) بروتين السيول (٧) الكبد (٨) الكبد

استعمال اليوريا كبديل للبروتين Use of urea as a protein replacer :

خلال الحرب العالمية الثانية واجه الألمان مشكلة توفير الأعلاف لتغذية حيواناتهم مما جعلهم يستخدمون المواد النيتروجينية غير البروتينية في تغذية الحيوانات المجترة . وأضيفت اليوريا بنسبة ٣٠٪ من كمية النيتروجين الكلية الموجودة بالغذاء وكان إنتاج الحيوانات عادياً . وتلى ذلك أبحاث لوسلي ومساعدوه التي أكدت أن ميكروبات الكرش تستطيع تخليق الأحماض الأمينية العشرة الضرورية لنمو الفأر باستخدام اليوريا . وعليه اعتبر أن الاستفادة من المواد النيتروجينية غير البروتينية ذو أهمية في تغذية المجترات وأمكن التأكد من إمكانية إحلال اليوريا بدل ٣٠٪ من الاحتياجات البروتينية للحيوانات الناضجة أو الحلابة . هذا الإحلال أصبح ممكناً لأن الغذاء الطبيعي للمجترات يحتوي نحو ٣٠٪ من كمية النيتروجين به في صورة مركبات غير بروتينية مثل الأحماض الأمينية والأميدات والأمينات . وبذلك يمكن إضافة اليوريا بنسبة ٣٪ من الغذاء المركز ويفضل أن يضاف معها كربوندرات ذائبة مثل النشا بمعدل ١ كجم/١٠٠ جم يوريا لتوفير الطاقة الضرورية لاحتياجات البكتريا .

اليوريا الداخلة للكرش تتحلل بسرعة بواسطة أنزيم اليورياز البكتيري إلى أمونيا تتحول بعد ذلك لأحماض أمينية تستعملها في النهاية الميكروبات لبناء جسمها . وإضافة كمية من الكبريت والفسفور للعليقة المحتوية على اليوريا يشجع تخليق الأحماض الأمينية الكبريتية الضرورية لتكون خلايا الميكروبات بصورة طبيعية . ويمكن توضيح كيفية استفادة ميكروبات الكرش من اليوريا للمعادلات التالية :



وعلى الرغم مما تقدم فإن التغذية على اليوريا أو أي مصدر نيتروجيني غير بروتيني آخر لا يعتبر ذو قيمة تفوق تغذية الحيوانات المجترة على البروتين . ولذلك فاستعمال هذه المركبات يحكمه العوامل الاقتصادية . وفي مصر بعد أن ظهرت مشكلة نقص الأعلاف المركزة خاصة كمسب بذرة القطن والحبوب خاصة في موسم الصيف حيث تقل

مصادر المواد النيتروجينية فإن هذا قد دعا إلى تصنيع أعلاف المجترات وإضافة اليوريا لها بنسبة معينة كمصدر للنيتروجين بدلاً من الكسب والحبوب حيث أن اليوريا تحتوي نحو ٤٧٪ من مكوناتها نيتروجين . ولعل هذا قد ساهم في الحل الجزئي لمشكلة نقص الأعلاف الحيوانية المركزة بدلاً من استعمال كسب بذرة القطن كمصدر أساسي للمواد النيتروجينية .

(ب) في غير المجترات Non - ruminants :

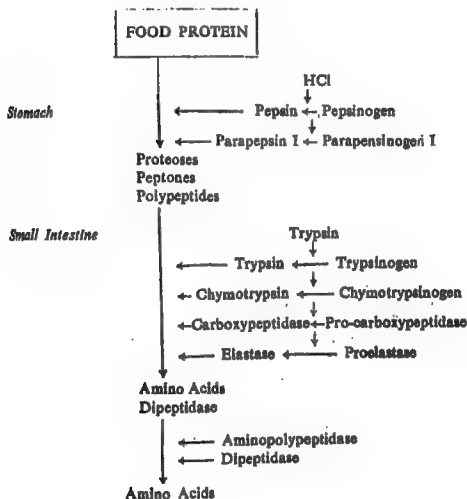
يبدأ هضم البروتينات في معدة الحيوانات غير المجترّة حيث يتم تخزين المواد الغذائية وتمريرها تدريجياً للأمعاء حيث تستكمل عمليات هضمها وامتصاصها . ولقد ثبت وجود نحو ٣٥٠ مليون غدة في معدة الإنسان حيث تفتح قنوات هذه الغدة في التجويف المعدي . ويوجد ثلاثة أنواع من الخلايا في الغدة المعدية : (١) خلايا الغنى وتفرز المخاط ، (٢) الخلايا الرئيسية وتنتشر بجسم الغدة وتفرز الببسين و (٣) الخلايا الجدارية وهي أكبر حجماً وتنتشر بجسم وعنق المعدة وتقوم بإفراز حمض الأيدروكلوريك (شكل ٧-٨) .

حامض الأيدروكلوريك من المكونات الهامة للعصارة المعدية . ويصل تركيزه في عصارة معدة الكلاب نحو ٥٠٪ مما يجعل حموضة سائل المعدة تصل إلى pH قدرة ٠.٢ غير أن تركيز الحامض منخفض في معدة الحيوانات آكلة العشب . ويقوم هذا الحامض بوظائف هامة مثل : (١) توفير الحموضة اللازمة لعمل الأنزيمات . (٢) قد يساهم في التحلل المائي للبروتينات . (٣) تنشيط أنزيمي الببسين والرينين . (٤) له فعل قاتل للبكتريا وبالتالي يطهر المعدة . (٥) يذيب الأملاح غير القابلة للذوبان بكمية كافية ويجعلها قابلة للامتصاص مثل الحديد .

أنزيم الببسين Pepsin يستطيع هضم أي نوع من البروتين الغذائي . وهو لا يقوم بهضم كامل للبروتين إلى أحماض أمينية بل يقوم بفصل سلاسل عديدة الببتيد . ويحول البروتين إلى بروتوزات وببتونات وبعض السلاسل الببتيدية القصيرة التي تدخل بعد ذلك إلى الأمعاء الدقيقة حيث يتم تكملة تحلل البروتينات (شكل ٧-١٦) . والببسين لا يفرز مباشرة من الخلايا المعدية ولكن يفرز في صورة ببسينوجين Pepsinogen يتحول في تجويف المعدة إلى ببسين بواسطة فعل حمض الأيدروكلوريك .

بعد دخول نواتج التحلل الجزئي للبروتين للأمعاء الدقيقة تهاجمها أنزيمات العصارة البنكرياسية التي تحتوي مجموعة من الأنزيمات المحللة للبروتين مثل التربسين Trypsin ، الكربوكس ببتيداز Carboxypeptidase ، الكيموتربسين Chymotrypsin

والأستاز Elastase (ببتيداز) . وجميع هذه الأنزيمات تستطيع تحليل نواتج التحلل الجزيئي للبروتينات إلى المرحلة النهائية وهي الأحماض الأمينية أو ببتيديات ثنائية . والخلايا الطلائية للأمعاء الدقيقة تحتوي أنزيمات أخرى متخصصة في تحليل الرابطة الببتيدية النهائية لمختلف الببتيديات الثنائية مثل أنزيم الداى ببتيداز Dipeptidase تستطيع تحليل الببتيديات الثنائية لأحماض أمينية بمجرد أن تمتص عبر الطلائية إلى الدم البابي . ونظراً لأن الرابطة الببتيدية تختلف عن بعضها البعض في مقدار طاقة الرابطة وعوامل أخرى فإن الرابطة بين أنواع معينة من الأحماض الأمينية يلزمها أنزيمات خاصة لعملية التحلل .



شكل ٧-١٦ : تحليل البروتينات إلى الأحماض الأمينية بمساعدة أنزيمات المعدة والأمعاء (عن باترجي)

امتصاص الأحماض الأمينية Absorption of amino acids :

في الظروف العادية للتغذية يتم تحلل بروتينات الغذاء إلى أحماض أمينية تمتص من الأمعاء للدم البابي مع وجود احتمال بأن بعض التحلل وخاصة للبيتيدات يتم بجزر الأمعاء . وتختلف الأحماض الأمينية في معدل امتصاصها وهو الأمر الراجع أساساً إلى تركيبها . فالأحماض الأمينية تتبع ثلاثة مجاميع : أحماض متعادلة وهي تلك التي تحوي مجموعة أمين ومجموعة كربوكسيل ، أحماض قاعدية وهي تلك التي تحوي مجموعتين أو أكثر من المجاميع الأمينية مقابل مجموعة كربوكسيل واحدة والأحماض الحمضية وهي التي تحوي مجموعتين كربوكسيل ومجموعة أمين واحدة . ولقد افترض أن هذه المجاميع من الأحماض تستعمل ثلاثة نظم حاملة Carrier مختلفة تقوم بنقل الحامض من جهة الخلية المقابلة لتجويف الأمعاء إلى الجهة الداخلية ويمكن تخيل ذلك بالقارب الذي يقوم بنقل الركاب من أحد حواف قناة إلى الحافة الأخرى .

وفيما بين الأحماض المتعادلة التي تستعمل نفس الحامل يوجد تنافس في عملية النقل حيث يعتبر اليوسين Leucine أكثر تثبيطاً لنقل الجليسين Glycine عن غيره . وبالمثل فإن الأحماض القاعدية تستعمل نفس الحامل، ولكن تتنافس فيما بينها حيث أن الأرجنين Arginine أو السيستين Cystine تثبط نقل الليسين Lysine . وكلا الأحماض المتعادلة والقاعدية تنتقل بطريقة النقل النشط حيث يلزمها طاقة لتنتقل عبر جدار الأمعاء .

امتصاص الأحماض الأمينية الحمضية مثل الجلوتامك Glutamic والاسبارتيك Aspartic غير معروف تماماً . ولقد اقترح أنهما لا يمتصها بطريقة النقل النشط حيث أن كمية بسيطة نسبياً تصل للدم البابي بعد التغذية . ولقد أعزى هذا لحدوث انتشار خلال عملية الامتصاص . بعض الأحماض المتعادلة تتنافس مع بعض الأحماض القاعدية أو الحامضية ولكن العكس غير صحيح .

هضم وامتصاص الليبيدات Digestion and absorption of lipids :

تعتبر الدهون المتعادلة أو الجلسريدات الثلاثية هي الدهن الغالب في الأغذية ذات الأصل النباتي أو الحيواني . وكل جزئي من هذه الدهون يتكون من جزيء جليسرول متحد مع ثلاثة أحماض دهنية . وفي الأغذية المعتادة توجد أيضاً كميات بسيطة من بعض المركبات أو المشتقات الدهنية الأخرى مثل الفسفوليبيدات والكوليسترول . ومن جهة أخرى فإن الكوليسترول مركب أستيرولي Sterol لا يحوي أحماض دهنية ولكن يتصف ببعض الخواص الطبيعية والكيمائية للدهون ويذوب فيها ، كما أنه يشق من

الدهون ويمثل كالدهون مما يضع الكوليسترول من الوجهة الغذائية مع الدهون .

(أ) في المجترات Ruminants :

الحيوانات المجترّة تختلف عن غيرها من الثدييات خاصة أكالات العشب في تمثيل الدهون بالآتي : (١) الدهن المترسب في الحيوانات المجترّة يحتوي نسبة عالية من أحماض الأستياريك والأوليك . (٢) وجود الأحماض الدهنية المتشعبة والفردية في أنسجة ولبن المجترات . (٣) الأحماض الدهنية غير المشبعة المأكولة والمعروف أنها سهلة التمثيل والانضمام للدهن المترسب في الحيوانات غير المجترّة يبدو أنها لا تنضم لدهن أنسجة المجترات بنفس الطريقة . هذه الملاحظات توجي للانطباع بأن تمثيل الأحماض الدهنية في المجترات يختلف في بعض العمليات الأساسية عما في الثدييات الأخرى .

هضم الدهون بالكرش :

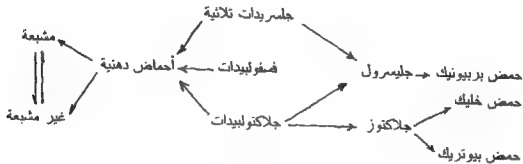
تخضع الدهون المأكولة لفعل الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش بكرش المجترات . وتأثير الكائنات الدقيقة يشمل ثلاث عمليات هي تحرير الأحماض الدهنية المؤسّرة ، تشبيع الأحماض الدهنية غير المشبعة وتخمر الجليسرول خلال تحلل الدهون .

تحلل الدهون النباتية التي تتميز باحتوائها على نسبة عالية من الجلاكتوليبيدات Galactolipids ثبت حدوثه بكرش المجترات . هذه الدهون تتكون من جليسرول ، سكر جلاكتوز وأحماض دهنية غالباً ما تكون لينولنيك (٩٦٪) ، لينوليك (٢٪) وبالمتيك (٢٪) . وظهر أن عدداً من ميكروبات كرش الأغنام تنتج أنزيمات تشمل الجلاكتوزسيداز Glactosidase بمقدرتها تحرير الجلاكتوز من الجلاكتوليبيدات . كما أن عدداً من بكتريا كرش الماشية يستطيع تحرير الأحماض الدهنية من الجلاكتوليبيدات قبل إنتاجها للأنزيم الجلاكتوسيداز .

درجة الأحماض الدهنية غير المشبعة من العمليات الرئيسية التي تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة بكرش المجترات بعد أن تنفصل من جزئي الجليسرول . حيث إن الميكروبات تفرز أنزيم هيدروجيناز Hydrogenase ينشط الأيدروجين الجزئي . والظروف اللاهوائية لازمة لعملية الهدرجة . ويزيد عملية الهدرجة عندما يوجد الأيدروجين في الصورة الغازية . وفعل البروتوزوا خاصة Oligotricha في عملية تشبيع الأحماض غير المشبعة أكبر من دور البكتريا . ويتم في الكرش أيضاً عملية عكسية هي

عدم التشبييع Unsaturation ولكن المحصلة النهائية تكون في صالح التشبييع . وغالباً ما تكون بروتوزوا Holotricha هي المسؤولة عن ذلك .

تخمر الجليسرول والجلكتوز المتحررين من الدهون من العمليات التي تتم في الكرش . وينتج ذلك أحماض دهنية طيارة غالباً ما تكون حمض البروبيونيك عند تخمر الجليسرول . ولقد عزل من كرش الأغنام نوع من البكتريا المخمرة للجليسرول هو *Selenomonas ruminantium* وهي لا تحلل الدهون ولكنها تخمر السكريات منتجة حمض خليك وبروبيونيك ولاكتيك . ويمكن لمختلف أنواع ميكروبات الكرش خاصة بعض أنواع البكتريا وبروتوزوا Holotricha أن تخمر الجلكتوز . التحولات الرئيسية لدهون الغذاء والحامدة بتأثير الكائنات الحية الدقيقة التي يعيش بالكرش يمكن تلخيصها في الآتي (شكل ٧-١٧) .



شكل ٧-١٧ : مصير دهون الغذاء بكرش الحيوانات المجترة

الأحماض الدهنية القصيرة الطيارة الناتجة من تحلل وتخمر الدهون تمتص بقدر وافر عبر جدر الكرش . الأحماض الدهنية القصيرة خاصة المشبعة لا تمتص بالكرش ولذلك تمر مع محتويات الكرش باستمرار عبر الورقية للأفحة حيث تصل أيضاً ملايين الكائنات الدقيقة الميتة التي تتحطم قبل أن تدخل الكتلة الغذائية للأمعاء الدقيقة . ولقد ظهر أن مقدار الدهون التي يكون مصدرها الكائنات الدقيقة قد يصل إلى ٢٥٪ من كمية الأحماض الدهنية التي تصل للأمعاء الدقيقة للأغنام المغذاة على دريس وغذاء مركز (نحو ١٢ جم/يوم) . وهذا قد تأكد حدوثه في الماشية حيث تحصل الأبقار الناضجة يومياً على نحو ١٢٠ جم من الدهون الميكروبية .

ومقدار الأحماض الدهنية الحرة التي تصل للأثني عشر واللفائفي بالأغنام منسوبة إلى جملة الأحماض الدهنية تمثل مقدار بسيط عن القيمة المقابلة لها في محتويات الكرش .

وهذا يكون مصحوباً بزيادة في نسبة المركبات الغير مشبعة المحتوية على ١٨ ذرة كربون كنتيجة لعملية أسترة . هذه الدهون تشتق من فسفوليبيدات الصفراء ، ليوبروتين سائل الأنسجة ، الخلايا الطلائية المفصولة والإفرازات الأخرى الداخلة لتجويف الأمعاء .

امتصاص الدهون من الأمعاء الدقيقة :

تتضمن هذه العملية استحلاب الدهون بواسطة العصارة الصفراوية وتحلل الدهون بمساعدة الليباز الميكروبي أو البنكرياس . هاتين العمليتين هامتين للإنتاج جسيمات غروية (ميسليات ذائبة) تتكون من أملاح الصفراء والأحماض الدهنية والجليسريدات الأحادية . هذه الجسيمات الغروية تمتص بواسطة الخلايا الدقيقة لخلايا طلائية الأمعاء حيث تتحول إلى جليسريدات ثلاثية بالمستحلب الدهني Chylomicrons .

تحلل وتخمر الدهون بالكرش ينجم عنه فقد محسوس لجليسرول دهون الغذاء ولذلك توجد كميات بسيطة جداً من الجليسريدات الأحادية بالأمعاء الدقيقة للمجترات . الجليسرول المطلوب لتخليق الجليسريدات الثلاثية بمخاطية الأمعاء غالباً ما يكون مصدرة التخليق الداخلي .

(ب) في غير المجترات Non-ruminants :

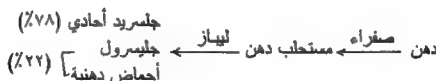
هضم الدهون يتم أساساً بالأمعاء الدقيقة رغم أن كميات بسيطة من الجليسريدات الثلاثية ذات الأحماض قصيرة السلسلة تهضم بالمعدة بواسطة الليباز المعدي . والهضم بالمعدة يكون محصوراً في هضم دهن اللبن أو البيض وغيره بالحيوانات الصغيرة وهو ما لا يحدث في الحيوانات الكبيرة بصورة جوهرية .

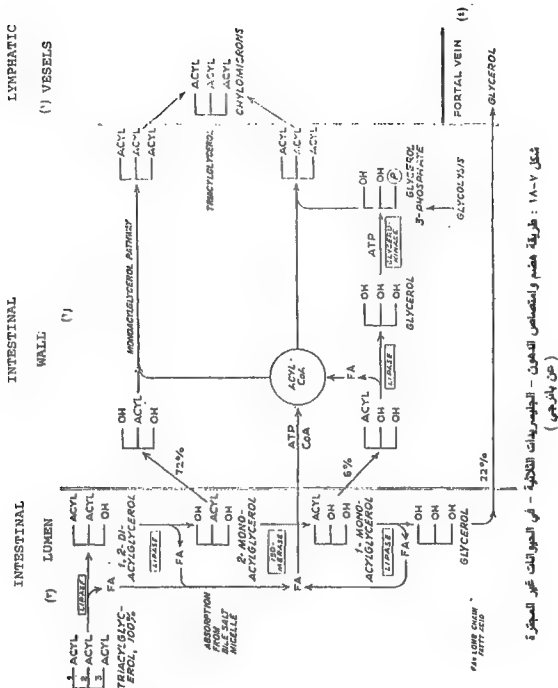
هضم الدهون بالأمعاء الدقيقة :

الدهون الطبيعية والفسفوليبيدات واسترات الكوليسترول تتحلل أولاً في الأمعاء الدقيقة . ولكن الكوليسترول والأحماض الدهنية الحرة لا يلزمها أي هضم أو تحلل حيث تمتص كما هي . أول مرحلة لهضم الدهون هو تفتيت حبيبات الدهن الكبيرة إلى حبيبات دقيقة تكون في صورة مستحلب غروي مع الماء مما يسهل عمل أنزيمات الهضم على سطح حبيبات الدهن . هذه العملية تتم بتأثير عصارة الصفراء المفترزة من الكبد والتي لا تحتوي أي أنزيمات هضم . وبلي ذلك مرحلة الهضم التي تتم بتأثير أنزيم الليباز

Lipase (شكل ٧-١٨) . ويوجد عدة أنواع من أنزيمات الليباز تفرز من أربعة مصادر بجسم الحيوان وهي :

- ١ - الليباز المعدي ومصدره المعدة ونورة قليل في تحلل الدهون .
 - ٢ - الليباز البنكرياسي وهو أهم أنزيم في هضم الدهون وفي وجود أملاح الصفراء وعند pH يتراوح بين ٦-٧ يقوم بتحليل الجليسيريدات الثلاثية إلى جليسيريدات أحادية ، جليسيريدات ثنائية ، أحماض دهنية وجليسرول . الجليسيريدات الأحادية والثنائية تذوب في الماء وتمتص خلال الأوردة البابية .
 - ٣ - ليباز الخلايا الطلائية المعوية ويعمل على الأحماض الدهنية المتوسطة وليس الطويلة وله دور هام في تخليق أنواع جديدة من الجليسيريدات بداخل طلائية الأمعاء في الطريق للدورة الدموية .
 - ٤ - ليباز الليبوبروتينات وهو أنزيم يساعد في تحلل الجليسيريدات الثلاثية المرتبطة مع البروتينات كذلك الموجودة في ليبوبروتينات الميرم .
- الليباز البنكرياسي متخصص في تحلل رابطة الأستر الأولى ولهذا السبب فهضم الجليسيريدات الثلاثية بالليباز يتم أولاً عن طريق نزع تدريجي للحامض الدهني الطرفي لإنتاج ألفا وبيتا - ثنائي الجليسيريد ، الحامض الدهني الطرفي الآخر سينزع بعد ذلك لإنتاج بيتا - أحادي الجليسيريد . ونظراً لأن هذا الحامض الدهني الأوسط يرتبط بواسطة مجموعة أستر ثانوية فإن نزعه يحتاج إلى عملية تعديل إلى صورة رابطة الأستر الأولية . وهذه عملية بطيئة نسبياً وكنتيجة لهذا فإن البيت - أحادي الجليسيريد هو الناتج النهائي الرئيسي لهضم الدهون وأن أقل من ربع الدهون المأكولة تتحلل كلية إلى جليسرول وأحماض دهنية . وسرعة تحلل الجليسيريدات الثلاثية بواسطة الليباز البنكرياسي تعتمد على طول السلسلة . كذلك فالأحماض الدهنية غير المشبعة تتحلل بسرعة عن الأحماض المشبعة .





(١) رشاء لمطاري (٢) جدار الأمعاء (٣) تدوير الأمعاء (٤) الوريد البابي

شكل ١٨-٧ : طريقة هضم وامتصاص الدهون - الجليسيريدات الثلاثية - في الحيوانات غير المتجانسة (عن بانرجي)

الجليريدات الثلاثية المتكون بمخاطية الأمعاء بعد الامتصاص تنتقل خلال الغشاء الليبوبروتيني للخلايا الطلائية . ولهذا فإن الدهن حديث التكوين يكون ذاتياً نتيجة لإحاطته بغلاف ليبوبروتيني يتكون من الفسفوليبيدات والبروتين . هذه الجزيئات تسمى كيلوميكرون Chylomicrons وعرفت أولاً في الليمف Lymph (أو Chyle) . وهذه المرحلة تتم قبل تحرير الدهن المعاد تخليقه في الأوعية الليمفاوية مباشرة .

وهناك أيضاً دليل على أن الدهون غير المتحللة (الدهن المتعادل) يمكن أن تمتص إذا أمكن توزيعها في صورة جزيئات دقيقة جداً (قطر أقل من نصف ميكرون) مخلوط أملاح الصفراء ، الأحماض الدهنية والجليريدات الأحادية يمكن أن يوفر هذه الدرجة من التوزيع للدهون المتعادلة . وتتم هذه العملية بطريقة الابتلاع Pinocytosis حيث تنغمس الحبيبات مباشرة بغشاء الخلية . نسبة الدهون الممتصة عن هذا الطريق تكون قليلة .

(ب) امتصاص الكوليسترول :

يوجد الكوليسترول بالغذاء في صورة غير مؤسترة أو مؤسترة مع الأحماض الدهنية . الكوليسترول المؤستر يتحلل في تجويف الأمعاء إلى كوليسترول وأحماض دهنية بمساعدة أنزيم كوليسترول استيراز البنكرياس . هذا الكوليسترول يبدو أنه الكوليسترول الحر الوحيد الذي يمتص بالأمعاء وفي المخاطية يختلط مع الكوليسترول الداخلي . وهنا يحدث أسترة لمعظم الكوليسترول مع الأحماض الدهنية ، وبعد ذلك فإن الكوليسترول الحر (٣٠٪) والمؤستر (٧٠٪) ومعهم الجليريدات الثلاثية والفسفوليبيدات تمر إلى الليمف في صورة مستحلب دقيق Chylomicrons . ووجود دهن الغذاء يشجع امتصاص الكوليسترول .

الهضم في الطيور

Avian digestion

يختلف الهضم في الطيور عن الثدييات نتيجة لعدم وجود أسنان وقولون أو معدة مركبة ولذلك فقد عوضت الطيور عنها بالحوصلة crop والقونصة Gizzard (Ventriculus) ووجود أعور مزدوج كبير . والطيور بتركيب جهازها الهضمي هذا لا تستطيع هضم نسبة كبيرة من الألياف لعدم وجود الأجهزة الخاصة بذلك وعليه فهي تعتمد في غذائها على الحبوب حيث تنخفض نسبة الألياف . الجزء الوحيد الذي يقوم بهضم السليولوز في

الطيور هو الزوائد الأعورية Caeca والمستقيم ، وعليه تتوقف نسبة الألياف التي يمكن وجودها في عذقة الطيور على حجم هذه الأجزاء . فالحمام لا يمكنه التغذي على علائق غنية بالألياف لأن هاتين الزائنتين أثريتين بينما البط يمكنه التغذي على علائق بها نسب عالية من الألياف نظراً لكبر حجم هاتين الزائنتين . ونظراً لطبيعة التغذية على الحبوب فلقد تحول الجهاز الهضمي أيضاً لكي يلائم ذلك حيث توجد الحوصلة لترطيب الحبوب والقونصة لطحنها (شكل ٧-١٩) .

وتلتقط الطيور طعامها بالمنقار . ويمر الغذاء بسرعة للقناة الهضمية . ويفرز بالفم لعاب غزير مخاطي يحتوي على أنزيم الأميلاز كما قد توجد كمية بسيطة من الليباز . ويبتلع الدجاج طعامه بتحريك البلعة للخلف بمساعدة رفع رأسه للأعلى . وخلال المرىة تتحرك البلعة بمساعدة الحركة الدودية ، أما الماء فينتقل بمساعدة الجاذبية الأرضية .

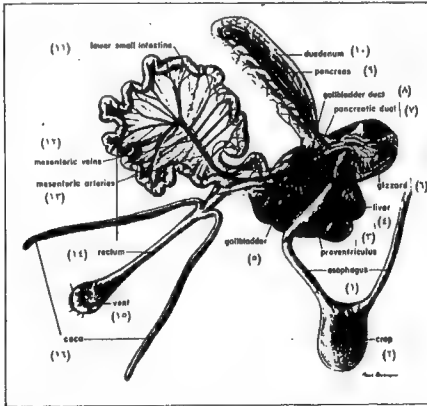
وعند نهاية رقبة الطيور يتمدد المريء مكوناً تجويف يسمى الحوصلة Crop يعمل كمكان لحفظ الغذاء وترطيبه كما يحدث هضم بسيط لبعض مكوناته . تفرز غدد الحوصلة إفرازاً غزيراً يرطب الغذاء كما تحدث بعض الأنشطة الهضمية بمساعدة أميلاز اللعاب أو التخمرات البكتيرية . وتحتوي حوصلة الحمام على غدد تفرز اللين الحوبصلي Crop milk خلال فترة حضانة فراخها .

تفرغ الحوصلة محتوياتها خلال الجزء السفلي من المريء ليصل إلى المعدة Stomach . وهي تتكون من جزئين الأول صغير ويتصل بالمريء ويسمى المعدة الحقيقية أو ما قبل القونصة Proventriculus وهو يفتح في الجزء الثاني وهو القونصة Gizzard . ولا يمكث الطعام كثيراً في المعدة الحقيقية لصغرها ولذلك فإن إفرازه من العصارة المعدية المحتوية على حامض الأيدروكلوريك وأنزيم الببسين يمر بسرعة للقونصة وبذلك فإن الهضم في هذا العضو قليلاً . القونصة عضو عضلي ذو شكل قرص وتغطي من الداخل طبقة قرنية (طبقة كويلن Koilin layer) تساهم في تفكيك الحبوب لقطع صغيرة بمساعدة الحصى الموجودة بها . ولا تفرز القونصة أنزيمات ولكن الأنزيمات المفرزة من المعدة الحقيقية يستمر عملها في القونصة . وقونصة الطيور التي تتغذى على الحبوب جيدة التكوين عن تلك التي تتغذى على أغذية ناعمة . إزالة القونصة من الطيور لا يؤثر على حياتها ولكن يقل معامل هضم الأغذية الخشنة .

الأمعاء الدقيقة في الطيور مثلها مثل الثدييات تتكون من ثلاثة أجزاء هي الإثني عشر ، اللفائفي ثم المعى الأخير وتمتد من القونصة إلى بداية الأعوران . وهي قصيرة

نسبياً وقطرها ثابت في جميع أجزائها تقريباً . ويستمر الهضم في الأمعاء بمساعدة أنزيمات المعدة بالإضافة إلى العصارة البنكرياسية التي تحتوي جميع الأنزيمات الموجودة بالثدييات ما عدا غياب أنزيم اللاكتيز في الدجاج . الصفراء الناتجة من الكبد تصب في الاثنى عشر وتقوم أملاحها باستحلاب الدهون والمساعدة في امتصاصها . ويتم الامتصاص بالأمعاء الدقيقة بسرعة كبيرة . ودرجة حرارة جسم الطيور أعلى من الثدييات ودورة الغذاء فيها سريعة وهي ذات معدل تمثيل مرتفع وطلب زائد للطاقة التي يجب أن تتوافر من الامتصاص السريع للكربوهيدرات بالأمعاء الدقيقة . ولذلك ففي الدواجن فإن الكربوهيدرات والبروتين المأكول توجد بالدم الكبدي في صورة جليكوز وأحماض أمينية بعد حوالي ربع ساعة من تناول الغذاء .

وتمر المواد الغذائية غير المهضومة وخاصة المليلول للأمعاء الغليظة التي تتكون من الأعورين والمستقيم . ويتم في الأعورين امتصاص الماء والتخمر البكتيري للمليلول حيث يتم هضم نحو ١٧٪ من ألياف الذرة المجروشة و ٥٪ من ألياف القمح .



شكل ٧-١٩ : الجهاز الهضمي في الدجاج

(١) القروء (٢) الحرسلة (٣) المعدة (٤) الكبد (٥) المرارة (٦) الفرسة (٧) قناة البنكرياس (٨) قناة المرارة (٩) البنكرياس (١٠) الاثنى عشر (١١) الأمعاء الدقيقة (١٢) الأوردة المشوية (١٣) الشرايين المشوية (١٤) المستقيم (١٥) الشرج (١٦) الأعور

وبراز الطيور يخلط بالبول المركز الغني بحمض اليوريك في تجويف المجمع Cloaca حيث يخرج عن طريق فتحة الشرج Vent .

العوامل المؤثرة على هضم الغذاء

Factors affecting on digestibility

يمكن تلخيص أهم العوامل المؤثرة على هضم المواد الغذائية في : (١) تأثير الحيوان . (٢) تأثير النبات . (٣) تحضير الغذاء . (٤) تأثير البيئة . (٥) عوامل مؤثرة على هضم سليلوز المواد المائلة .

(أ) تأثير الحيوان Animal effect :

- ١ - نوع الحيوان : تختلف الحيوانات المجترة عن وحيدات المعدة في هضم الغذاء خاصة الألياف .
- ٢ - الاختلافات الفردية : معظم الحيوانات تختلف في قدرتها على هضم نفس الغذاء بحوالي ٤-٥% وقد تصل هذه النسبة في بعض الأفراد إلى ٢٥% .
- ٣ - العمر : الحيوانات الصغيرة أو العجوزة أقل قدرة في هضم الغذاء . فالحيوانات الصغيرة لا تستطيع تناول وهضم الأغذية الغنية بالألياف حتى يحدث تطور لمعدتها . أما الحيوانات العجوزة فينشأ سوء الهضم من تلف الأسنان وفقد القدرة على مضغ الطعام . كما أن الحالة الصحية للحيوانات تؤثر على الهضم .
- ٤ - العمل : العمل الخفيف أو الرياضة يحسن الهضم في حين أن العمل الشاق يقلل من كفاءة الهضم .

(ب) تأثير البيئة Environmental effect :

يتأثر الحيوان بالظروف البيئية المحيطة وخاصة درجات الحرارة . ولأن الحيوانات المختلفة لها درجات حرارة حرجية Critical عندها يبدأ الجهاز المنظم لحرارة الجسم في الاختلال وهذه الدرجات تختلف بين الحيوانات المختلفة وفي حالات الصوم عن التغذية (جدول ٧-٩) . وأقل من هذه الدرجات يفقد الحيوان سيطرته تنظيم درجات

الحرارة . ومن العوامل البيئية المؤثرة على الهضم أيضا إصابة الحيوان بالأمراض ودرجات الرطوبة والرعاية التي نتلقاها الحيوانات من القائمين عليها .

جدول ٧-٩ : درجات الحرارة الحرجة لبعض حيوانات المزرعة (° ف)

الحيوان	في حالة التغذية	عند صيام الحيوان
الأبقار - الخيل	٣٥	٥٥
الأغنام	٢٠	-
الخنزير	٦٠ - ٥٥	٦٩
الدواجن	٤٠ - ٣٥	٥٨

(ج) تأثير النبات Plant effect :

- ١ - نوع النبات وجنسه يؤثر على هضم الغذاء فالحشائش البقولية أسهل هضماً عن النجيليات . كما أن أنواع البرسيم تختلف عن بعضها في الهضم وهو الأمر الذي يعزي لطرق الحصاد أو أنواع المخصبات المستخدمة .
- ٢ - مرحلة نضج النبات . الدريس المحضر من حشائش صغيرة السن أسهل هضماً من مثيلة المحضر من حشائش كبيرة السن . ونسبة البروتين والمحتوى المعدني والفيتامينات ومعامل الهضم تقل بتقدم عمر النبات .
- ٣ - خصوبة التربة تؤثر علي جودة النبات وعلى محصوله .
- ٤ - الحصاد وطرقه تؤثر على الاستفادة من النبات حيث أن فقد الأوراق عند الحصاد أو حدوث تخمر لمحتواه أو فقد لونه كلها من العوامل التي تقلل من قيمة الدريس .

(د) تحضير الغذاء Preparation of feed :

- ١ - طحن الغذاء يجعل أجزائه دقيقة وبذلك يزيد المسطح المعرض للأنزيمات وبالتالي الاستفادة من الغذاء . غير أن الطحن الزائد لا يجعل الغذاء يمكث بالأمعاء وبالتالي يقل معدل الهضم . وطحن المواد المائلة يغير نسبة حمض الخليك إلى البروبيونيك الناتجة بالكرش كما يتضح في نقص نسبة دهن اللبن .
- ٢ - مستوى التغذية . زيادة مقدار الغذاء المأكول يقلل من الهضم . غير أن حيوانات التسمين واللبن والعمل يلزمها قدر أكبر من الغذاء لمقابلة إنتاجها .

٣ - الاتزان الغذائي . قد يؤدي وجود نسبة كبيرة من أحد مكونات الغذاء للتأثير على هضم المكونات الباقية فزيادة نسبة البروتين تزيد هدم الكربوهيدرات المعقدة لتأثيرها المفيد على الكائنات الدقيقة . كذلك يجب أن تكون نسبة الكالسيوم بالغذاء متزنة مع بقية العناصر خاصة الفوسفات .

٤ -- تأثير عمل مكعبات الغذاء Pelleting وهي تتم بتقطيع المواد المائلة وخلطها مع نسبة من المركبات وضغطها وكبسها في صورة مكعبات . وهذه العملية تقلل حجم الغذاء وبالتالي يستطيع الحيوان أن يأخذ احتياجاته دون مجهود كبير للمضغ والبلع . ولكن استعمال هذه المكعبات غالباً لا يؤدي لتحسين الهضم . ويمكن تلخيص ما يحدث عند تغذية المجترات على المكعبات في الآتي :

خفض وقت الأكل والمضغ ، إفراز لعاب أقل ، نقص الاجترار ، زيادة معدل التخمر بالكرش ، زيادة حموضة محتويات الكرش ، زيادة معدل مرور الغذاء من الكرش ، نقص نسبة الخللات إلى البروبيونات بالكرش ، زيادة كمية الأحماض الدهنية الطيارة بعد ٤ ساعات من التغذية ، زيادة المادة الجافة المأكولة ، نقص هضم المادة الجافة والألياف الخام ، وزيادة نعومة الغذاء الماليء قبل التصنيع تزيد من التأثيرات السابقة .

٥ - معاملة مخلفات المحاصيل لزيادة هضمها . معاملة مخلفات الحقل المنخفضة القيمة الغذائية مثل التبن وقوالب الذرة وعبدان القطن والقصب بعد العصر سواء بالترطيب أو التسخين أو الغلي أو البخار مع أو بدون ضغط أو تخميرها مع الخميرة أو تحليلها باستعمال كيماويات قلوية مثل أيدروكسيد الصوديوم أو الكالسيوم أو أحماض مثل الأيدروكلوريك والكبريتيك أو أملاح مثل بيكربونات الصوديوم ويتبع ذلك غسل وتجفيف المخلفات وجد أن كل تلك المعاملات تزيد القيمة الغذائية وهضم هذه المواد .

٦ - تحسين المزاق Palatability : إضافة المولاس للغذاء يحسن طعمه ويزيد كمية الغذاء المأكول . ولكن القدر الزائد منه يخفض هضم السيلولوز حيث أن الكميات الأقل أفضل لعملية الهضم ولذلك يستحسن ألا تزيد نسبة المولاس المضافة عن ٧٪ .

٧ - توافر الماء والأملاح بالقدر الكافي تحسن عملية الهضم .

٨ - إضافة المضادات الحيوية لغذاء الحيوان تشجع عملية النمو وهو ما أعزى إلى : (أ) تثبيط البكتيريا المفرزة للسموم . (ب) تقليل أعداد البكتيريا الكلية بالأمعاء مما

يقتل التنافس بين العائل والكائنات الدقيقة على المواد الغذائية . (ج) التثبيط الاختياري للبكتريا يسمح بزيادة نمو الكائنات الدقيقة الأخرى التي تخلق مواد ضرورية غير معروفة تشجع الهضم .

(هـ) عوامل مؤثرة على هضم السليولوز المواد المائلة :

- ١ - رماد محاصيل العلف يحسن هضم السليولوز وهو ما قد يرجع لوجود الكوبلت بالحشائش وهو ضروري لتخليق فيتامين ب ١٢ .
- ٢ - عدداً من المعادن يعتبر وجودها بكميات معينة ضروري للهضم المثالي للسليولوز وخاصة الكوبلت ، الفوسفات ، الكالسيوم ، الكلور ، المغنسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم والكبريت ومعادن أخرى .
- ٣ - البروتينات وبكميات أكبر من ١٥% من العليقة تشجع هضم السليولوز .
- ٤ - أنزيمات النبات عندما توجد في مادة التفاعل تحسن هضم السليولوز .
- ٥ - سائل الكرش له صفات تحسن هضم السليولوز .
- ٦ - عوامل أخرى مثل البوريا ومستخلص الذرة والسيلبسترون ومواد أخرى لوحظ أنها تعيد الكائنات الحية الدقيقة بالكرش والتي تقوم بهضم السليولوز .

الفصل الثامن

الاتزان المائي والإخراج

Water Balance & Excretion

كمية الماء الموجودة بجسم الحيوان الذي يبلغ وزنه الخالي من الدهن ٧٠ كيلوجرام تكون نحو ٥٠ لتر . على أن هناك اختلافات واضحة في المحتوى المائي بالجسم تبعاً لنوع الحيوان وعمره وحالته الغذائية. ويتراوح مقدار الماء الكلي بالجسم ما بين ٧٠-٧٥٪ من وزن الجسم في الحيوانات المستأنسة ، هذه النسبة تزيد في الحيوانات حديثة الولادة ونقل بتقدم العمر . الحيوانات المسمنة نقل فيها نسبة الماء عن تلك غير المسمنة لأن الأنسجة الدهنية محتواها من الماء أقل عن تلك الخالية من الدهن . والحيوانات زائدة التسمين قد تحتوي كمية ماء تعادل نحو ٤٠٪ من وزن الجسم تقريباً .

ويمكن تقسيم سوائل الجسم إلى قسمين رئيسيين هما السائل داخل الخلايا (ICF) Intracellular Fluid والسائل خارج الخلايا (ECF) Extracellular fluid . السائل داخل الخلايا يشمل كل الماء الموجود داخل خلايا الجسم وهو يمثل أكبر قدر من ماء الجسم رغم أنه يوجد متجزأ إلى ملايين الأجزاء الصغيرة يمثلها خلايا الجسم . ويبلغ مقدار هذا الماء نحو ٥٠٪ من وزن الجسم . السائل خارج الخلايا يمثل كل الماء الموجود خارج خلايا الجسم ويبلغ قدره نحو ٢٠٪ من وزن الجسم . وهو يتجزأ إلى قسمين : الأول هو البلازما Plasma ومقدارها يبلغ نحو ٥٪ من وزن الجسم وتوجد داخل الأوعية الدموية والقسم الثاني هو سائل الأنسجة Interstitial fluid ويبلغ نحو ١٥٪ من وزن الجسم وهو يوجد بين خلايا الأنسجة وخارج النظام الوعائي .

رغم ذلك فإن البلازما تختلط باستمرار بالسائل بين الخلايا من خلال الثغور الدقيقة الموجودة في شعيرات الأوعية الدموية . الضغط الأسموزي الغروي ينجم عن وجود بروتينات البلازما التي تميل لاحتجاز الماء في الشعيرات الدموية .

سوائل الأنسجة الخاصة Transcellular fluid وهي عبارة عن جزء بسيط من السوائل التي توجد عادة خارج الخلايا رغم أنها تنفصل عن السائل خارج الخلايا الأساسي . وهي تشمل السائل المخي النخاعي ، السائل المفصلي ، سائل العين ، البول ، الماء الموجود بالقناة الهضمية وسوائل بعض الأغشية مثل غشاء البلورا والمسافات البريتونية .

تركيب سوائل الجسم : Composition of body fluids

تركيب سوائل الجسم موضح بجدول رقم ٨-١ . ومن هذا الجدول يتضح أن السائل خارج الخلايا يحتوي كمية كبيرة من الصوديوم والكلوريد والبيكربونات ولكن يحتوي كمية بسيطة من البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم ، الفوسفات ، الكبريتات وغيرها من الأحماض العضوية . أيضاً تحتوي البلازما بعض البروتينات في حين أن السائل بين الخلايا يحتوي كمية بسيطة جداً منها . ومن جهة أخرى فإن السوائل داخل الخلايا تحتوي كمية بسيطة من الصوديوم والكلوريد وخالية تقريباً من الكالسيوم ولكنها تحتوي كمية كبيرة من البوتاسيوم والفوسفات وكميات متوسطة من المغنسيوم والكبريتات وهي تحتوي أيضاً كمية كبيرة نسبياً من البروتين . ويحتفظ السائل داخل الخلايا بتركيبه ثابت عن طريق نظم اتزان خاصة تشمل أساماً غشاء الخلية .

جدول ٨-١ : تركيز المكونات ذات الاسموزية بالسوائل خارج وداخل الخلية
(مللي أزمول / لتر)

المكون	سائل خارج الخلايا		سائل داخل الخلية
	البلازما	بين الخلايا	
ص ⁺	١٤٤	١٣٧	١٠
بو ⁺	٥	٤٧	١٤١
كا ⁺⁺	٢.٥	٢.٤	صفر
مغ ⁺⁺	١.٥	١.٤	٣.١
كل ⁻	١٠.٧	١١٢.٧	٤
يدك أ ⁻	٢٧	٢٨.٣	١٠
يدفو أ ⁻	٢	٢	١١
ككب أ ⁻	٥	٥	١
جليكوز	٥.٦	٥.٦	-
بروتين	١.٢	٢	٤
يوريا	٤	٤	٤
أحماض أمينية	٢	٢	٨
لاكتات	١.٢	١.٢	١.٥

تقدير حجم سوائل الجسم : Measurement of body fluids volume

يمكن تقدير حجم الماء الكلي بالجسم ، حجم السائل خارج الخلايا وحجم البلازما ومن هذه القيم يمكن حساب مقدار السائل داخل الخلايا وذلك عن طريق المعادلات التالية :

$$\begin{aligned} \text{حجم السائل داخل الخلايا} &= \text{حجم الماء الكلي} - \text{حجم الماء خارج الخلايا} \\ \text{حجم السائل بين الخلايا} &= \text{حجم السائل خارج الخلايا} - \text{حجم البلازما} \end{aligned}$$

وتعتمد طرق تقدير حجم سوائل الجسم على مقدار التخفيف الحادث لوزن معين من مادة تحقن بالجسم Dilution technique . حيث تختار مواد تتوزع بانتظام في الأجزاء التي تشغلها السوائل . وتحقن كمية معينة منها في الحيوان وتترك فترة معينة لضمان توزيع المادة المحقونة في الحيز المعين . وتؤخذ عينة من البلازما ويقدر فيها تركيز المادة المحقونة ومنها يحسب حجم السائل الموجود في الحيز المعين . حيث يكون حجم السائل في الحيز =

$$\frac{\text{كمية المادة المحقونة (مجم)}}{\text{تركيز المادة بالبلازما (مجم / مل)}}$$

وهذه الطريقة تعطي قيم دقيقة في حالة ما إذا كانت المادة المحقونة لا تمثل أو تخرج بسرعة من الجسم وإذا حدث هذا فيجب عمل تصحيح للفقد الحادث خلال فترة التوزيع .

كمية الماء الكلية بالجسم يمكن تقديرها باستخدام مواد تتوزع بانتظام في جميع أجزاء الجسم بما فيها داخل الخلايا . ويتم ذلك باستخدام الماء المعلم المشع Tritiated water ($^3\text{H}_2\text{O}$) وكذلك الماء الثقيل Deuterated water ($^2\text{H}_2\text{O}$) . وكذلك يمكن استخدام مواد أخرى غير مشعة مثل الالانتي بيرين Antipyrine واليوريا .

السائل خارج الخلايا يقدر باستخدام مواد يمكن أن تمر خلال ثغور الاوعية الدقيقة وخلال المسافات بين الخلايا ولكن لا تمر لداخل الخلايا وهذه تشمل مواد مثل الأنيلولين Inulin ، السكروز ، الكبريتات والثيوسيانات .

حجم البلازما يمكن أن يقدر باستعمال المواد التي تحتجز داخل النظام الوعائي ولا تمر للمسافات بين الخلايا من خلال الثغور الوعائية . ومن هذه المواد صبغة إيفان الزرقاء Evans blue حيث تلمص على بروتينات البلازما .

حركة سوائل الجسم وتوازن الضغط الاسموزي : Fluids movement

يحافظ الجسم على قدر معلوم من السوائل داخل أعضاؤه . ويوازن بين حجم السائل الموجود خارج وداخل الخلايا . هذا التنظيم يعتمد على الاسموزية والتي تعمل على انتقال السوائل بين المسافات داخل وخارج الخلايا .

غشاء الخلية شبه منفذ فهو يسمح بنفاذ الماء وبعض المواد الذائبة فيه . الاسموزية Osmosis تحدث عندما يزيد تركيز هذه المواد الذائبة على أحد جوانب غشاء الخلية عن الجانب الآخر ويمر الماء خلال غشاء الخلية للجانب الذي يزيد فيه تركيز المواد الذائبة . منحني الضغط الذي يتولد في الاتجاه المضاد ليوازن اسموزية جزيئات الماء عبر غشاء الخلية هو عبارة عن الضغط الاسموزي للمحلول Osmotic pressure . وهذا يتناسب مباشرة مع تركيز جزيئات المادة غير القابلة للنفاذ بصرف النظر عن حجم هذه الجزيئات (الوزن الجزيئي النسبي) .

التوازن النسبي الاسموزي يمكن الوصول إليه بسرعة بين السوائل خارج وداخل الخلية . ولذلك عندما توضع خلية في محلول يحتوي على ضغط اسموزي منخفض عما هو في داخل الخلية ، مباشرة تنشأ الاسموزية ، ويتحرك الماء من السائل خارج الخلايا عبر غشاء الخلية ليخفف السائل داخل الخلية وتصبح الخلية منتفخة . وفي هذه الحالة فإن السائل خارج الخلية يكون منخفض التركيز Hypotonic بالمقارنة مع السائل داخل الخلية . وتقف الزيادة في الاسموزية عندما يتعادل تركيز السائل داخل الخلية مع خارجها . وبالعكس فعندما توضع الخلية في محلول عالي التركيز أي يكون فيه تركيز المواد أكبر عما بداخل الخلية فإن الماء سيتحرك بفعل الاسموزية للخارج مؤدياً لتخفيف السائل الخارج الخلية . وفي هذه الحالة فإن الخلية ستتكشف حتى يتعادل تركيز السائلين . وفي هذه الحالة فإن السائل خارج الخلية يكون عالي التركيز Hypertonic بالنسبة للسائل داخل الخلية .

المحلول متعادل التركيز Isotonic هو الذي فيه يكون تركيز المواد داخل وخارج الخلية متساوي . وخلايا الجسم توجد في محلول متعادل فلا تتكشف ولا تنتفخ . ويعتبر المحلول المحتوي على كلوريد الصوديوم بتركيز ٩% وجلوكوز بتركيز ٥% متعادل بالنسبة للخلايا الحيوانية .

وعندما يشرب الماء ويمتص من الأمعاء للدم فإن السائل خارج الخلايا يتخفف ويصبح ناقص التركيز مقارناً بالسائل داخل الخلايا . ويبدأ عمل اسموزية الماء مباشرة فتمر كمية كبيرة من الماء للخلايا حيث تستعمل في تمثيل الخلية . ويتوزع الماء بحرية

بين السوائل الموجودة في المسافات خارج وداخل الخلية في خلال عدة دقائق .

تنظيم تركيب وحجم سوائل الجسم : Regulation of body fluids volume

تنظيم تركيب وحجم سوائل الجسم يعتمد على ثلاثة عوامل رئيسية هي : (١) تركيز الأيونات المختلفة . (٢) الضغط الاسموزي لسوائل الجسم و (٣) حجم السوائل خارج الخلية . والعطش عملية تساعد في تنظيم عملية الشرب التي توازن بين الاستخدام التمثيلي للماء والإخراج عن طريق الكلية والعرق .

تنظيم تركيز الأيونات في السائل خارج الخلايا : الأيونات توجد في صورة أيونات موجبة (كاتيونات) وفي صورة أيونات سالبة (أنيونات) وأهم الكاتيونات في السائل خارج الخلية هي الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم والمغنسيوم في حين أن أهم الأنيونات هي الكلوريد ، البيكربونات والفوسفات . والكاتيونات بصفة خاصة تحتاج لتنظيم خاص لأن التغير فيها يؤدي لحدوث تغيرات كبيرة في وظائف الجسم . ولكن تركيز الأنيونات عموماً ينظم ثانوياً بالنسبة للكاتيونات .

وتمثل أيونات الصوديوم نحو ٩٠٪ من مقدار الكاتيونات خارج الخلية (جدول ٨-١) وتنظيم تركيز الصوديوم بالسائل خارج الخلية هو من وظائف الكلية وقشرة الأدرينال والقلب . فايونات الصوديوم يعاد امتصاصها بطريقة الامتصاص النشط غالباً في الجزء الأول من القنيات الملتفة بالكلية . ويعاد امتصاص كميات محدودة من الصوديوم في الأجزاء الطرفية من القنيات البولية وينظمها أساساً تركيز الألدوستيرون وعامل القلب المخرج للصوديوم (ANF) بسوائل الجسم .

الألدوستيرون Aldosterone عبارة عن هرمون استيرويدي يفرز من قشرة الأدرينال ويعمل أساساً على القنيات البولية لزيادة معدل إعادة امتصاص كل أيونات الصوديوم تقريباً والتي تصل لهذه المنطقة . أما عامل القلب المخرج للصوديوم Atrial natriuretic factor (ANF) فهو عديد ببتيد يفرز من القلب استجابة لزيادة حجم الدم أو اسموزيته ويشجع إخراج الماء والصوديوم من الكلية . وفي غياب الألدوستيرون أو زيادة عامل القلب المخرج للصوديوم فإن أيونات الصوديوم التي تصل إلى القنيات البولية الطرفية تمر للبول . وعادة فإن كمية بسيطة من الألدوستيرون تفرز بانتظام ولكن معدل إفرازه يزيد كثيراً عند وجود واحد من المنبهات التالية : (١) نقص تركيز الصوديوم بالسائل داخل الخلية ، (٢) زيادة تركيز البوتاسيوم بالسائل خارج ، (٣) نقص ضغط الدم الشرياني و (٤) إجهاد طبيعي مثل الحروق وتلف الأنسجة وغيره .

تنظيم تركيز أيونات البوتاسيوم التي تعتبر الكاتيون الرئيسي بالمائل داخل الخلايا يقع أيضاً تحت سيطرة الألدوستيرون . فرغم أن التركيز العالي من أيونات البوتاسيوم بداخل الخلايا ينبه إفراز الألدوستيرون ، فالألدوستيرون يسمح بإفراز أيونات البوتاسيوم في القنيتات الطرفية . التنظيم الكلوي للبوتاسيوم معقد جداً ويشمل تبادل أيونات البوتاسيوم بالصوديوم أو بأيونات الأندروجين ويتأثر بتركيز أيونات الصوديوم والأندروجين بالمائل خارج الخلايا .

نفس نظم التحكم التي تشجع إعادة امتصاص الكاتيونات تشجع أيضاً امتصاص الأنيونات لتوازن الشحنة الكهربائية عبر غشاء الخلية . كذلك فالألدوستيرون يشجع إعادة امتصاص الكلوريد ثانوياً بالنسبة لتأثيره على إعادة امتصاص الصوديوم .

تنظيم حجم سوائل الجسم : رغم أن الماء يفقد باستمرار من الجسم فإن كمية الماء الكلية بالجسم لا تتغير قيمتها كثيراً . وهذا يعني أن معدل الفقد يعادل تقريباً معدل دخول الماء للجسم . ويوضح الجدول التالي ميزان الماء لأبقار فريزيان تتغذى على الدريس (جدول ٨-٢) بالطرق التي يفقد بها الماء من الجسم تشمل : (١) البول ، (٢) الفقد غير المحسوس خلال الجلد والقناة الهضمية ، (٣) العرق واللهات في الطقس الحار (٤) الفقد/خلال الروث و (٥) يفقد الماء في اللبن في الحيوانات الحلابة .

ويحصل الحيوان على الماء من عدة مصادر مثل الشراب ، الماء الموجود بالطعام وماء الأكسدة أو الماء الميتابولزمي Metabolic water الناتج من الأكسدة الخلوية لأندروجين الطعام . ويمثل الماء المتناول عن طريق الشراب أو الطعام والماء المفقود بالبول أهم طرق تنظيم مقدار الماء الكلي بالجسم (جدول ٨-٢) . وفي الماشية المحرومة من الماء يساهم التنظيم عن طريق تقليل الفقد بالروث في المحافظة على ماء الجسم . وعند تعطيش المجترات يقل فقد اليوريا بالبول وتعاد دورة اليوريا وتنظيم فقد اليوريا هام خاصة في الجمال .

جدول ٨-٢ : ميزان الماء اليومي (كجم) لأبقار فريزيان تغذى على الدريس

الميزان	أبقار جافة	أبقار حلبة
الماء الداخل :		
ماء شرب	٢٦	٥١
ماء الطعام	١	٢
ماء ميتا بلزمي	٢	٣
الجملة	٢٩	٥٦
الماء الخارج :		
ماء الروث	١٢	١٩
ماء البول	٧	١١
ماء البخار	١٠	١٤
ماء اللبن	-	١٢
الجملة	٢٩	٥٦

العطش وتناول الماء :

يمكن تعريف العطش Thirst بأنه الشعور بالرغبة في شرب الماء . وهو يعتبر المنظم الأول لتناول الماء . ومراكز الشعور بالعطش تقع في وسط تحت المهاد بالدماغ . والتنبيه الكهربائي لهذه المنطقة يدفع الحيوان لشرب الماء . ونفس التأثير لوحظ عند حقن ماء ملحي عالي التركيز في هذه المنطقة . وهذا يفترض أن مركز العطش ربما يكون حساس للضغط الأسموزي للدم الذي يرد لخلاياه . والبالزما ذات الضغط الأسموزي المرتفع تدفع الماء للتحرك لخارج الخلايا .

وعندما يحرم الحيوان من الماء يزيد الضغط الأسموزي للبالزما وهذا ينجم عنه الاحساس بالعطش ونقص إفراز اللعاب . جفاف الحلق والغم يعطي الحيوان الرغبة في الشرب . وعندما يصبح الماء متوافراً ، فإن الحيوان العطشان يشرب الماء بكمية تكفي لمعادلة الماء المفقود . والماء المتناول يتوزع مباشرة بين السوائل خارج وداخل الخلية ويقل الضغط الأسموزي للبالزما .

الهرمان من الأملاح :

حجم السائل خارج الخلايا يتأثر بطريقة مباشرة بتركيز الصوديوم بالجسم . وهذا يرجع لحقيقة أن كمية محسوسة من الماء تمتص سلبياً برفقة أيونات الصوديوم عند إعادة امتصاص الصوديوم في القنوات الكلوية . والنتيجة أن نقص كلوريد الصوديوم في غذاء الحيوانات لعدة أيام يؤدي إلى نقص بسيط في السائل خارج الخلايا لأن تركيز أيونات الصوديوم في رشح جمعات الكلية سيكون قليلاً . والعكس فإن السائل خارج الخلايا يزيد حجمه قليلاً عندما يتناول الحيوان كمية كبيرة من الملح العادي يوماً لعدة أيام .

إخراج الماء بواسطة الكلية :

تنظيم فقد الماء خلال البول يقع تحت تأثير هرموني المضاد للثبول ADH والمخرج للصوديوم ANF . فالهرمون المضاد للثبول يشجع إعادة امتصاص الماء في حين أن هرمون القلب المخرج للصوديوم ANF يشجع إخراج الماء في الأنابيب البولية بالجزء الطرفي من الأنابيب الملتفة والقنوات المجمع بالوحدات البولية الكلوية .

وعند العطش يقل حجم الدم ويزيد الضغط الاسموزي للبلازما ، وهذا ينبه المستقبلات الاسموزية بمنطقة تحت المهاد بالدماغ فتفرز الهرمون المضاد للثبول . كما أن نقص حجم البلازما يؤدي لنقص إفراز الهرمون المخرج للصوديوم ANF وهو الأمر الذي يشجع إفراز الهرمون المضاد للثبول الذي يعمل على الوحدات البولية فيشجع إعادة امتصاص الماء . ويصبح البول مركزاً ويقل فقد الماء . زيادة كمية الماء المعاد امتصاصها بالوحدات البولية ستخفف سائل الجسم مما يعمل على عودة الضغط الاسموزي للبلازما لمستواه العادي .

زيادة كمية الماء المتناولة تؤدي لنقص الضغط الاسموزي للبلازما لزيادة حجم الماء مما يعمل على انقطاع تنبيه مستقبلات الاسموزية ويزيد إفراز الهرمون المخرج للصوديوم ANF ويقل إفراز الهرمون المضاد للثبول مما يؤدي لقلة إعادة امتصاص الماء بالكلية ويصبح البول غزيراً مخففاً .

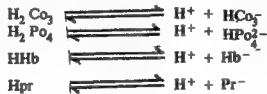
الاتزان الحامضي القاعدي Acid-base balance :

يعتبر تركيز الأيدروجين بالسائل خارج الخلايا واحد من أهم العوامل المنظمة بالجسم . الحدود الحيوية لتغيرات قيم الأس الأيدروجيني pH غالباً ما تقع في المدى ٧-٧.٨ . والمدى الطبيعي لقيمة pH الدم الشرياني تكون ٧.٣٦-٧.٤٤ بمتوسط قدره ٧.٣٨ . والنهات النسبي لتركيز أيونات الأيدروجين بالسائل خارج الخلايا $(H^+) - ECF$

هو نتيجة للتوازن بين الأحماض والقواعد . الأحماض عبارة عن المواد التي تميل لإعطاء أيونات أيديروجين (مثل البروتينات) للمحلول في حين أن القواعد عبارة عن المواد التي تميل لقبول أو ربط أيونات أيديروجين من المحلول . هذا التوازن يضطرب عندإضافة أحماض أو قواعد أو سحبها من سوائل الجسم . وانخفاض قيمة pH الدم لأقل من الطبيعي تعرف بالحموضة Acidemia/في حين أن زيادة القيمة عن الطبيعي تعرف بالقلوية Alkalemia .

وتحت الظروف الطبيعية فإن الأحماض والقواعد تضاف لسوائل الجسم باستمرار سواء بسبب تناولهم من الخارج أو نتيجة لإنتاجهم من تمثيل الخلايا . وفي بعض الأمراض كما في حالات عدم كفاية التنفس ، التراجع ، الإسهال والقشل الكلوي ربما يحدث فقد أو زيادة كمية من الحامض. أو القاعدة . ولمقاومة هذه الاضطرابات فإن الجسم يستخدم ثلاثة طرق رئيسية : (١) التنظيم الكيماوي ، (٢) التنظيم التنفسي لتركيز حمض الكربونيك بالدم و (٣) إخراج أيونات الأيديروجين (H⁺) أو البيكربونات (HCO₃) بواسطة الكلية . والتنظيم الكيماوي والتنفسي يعملان خلال دقائق لمنع التغيرات الكبيرة في الأيديروجين (H⁺) . وإذا تضمن التغير الأحماض غير الطيارة أو القواعد فإن الإخراج البولي لأيونات الأيديروجين أو أيونات البيكربونات يبدأ فوراً . ولكن الاستعادة الكاملة للتوازن الحامضي القاعدي قد يحتاج لعدة ساعات أو عدة أيام .

وأهم وسائل التنظيم الكيماوي هي المنظمات الكيماوية Chemical buffers والتي توجد بالدم مثل البيكربونات ، بروتين البلازما ، الفوسفات والهيموجلوبين . وتعتبر البيكربونات والهيموجلوبين أكثر أهمية . فعند إضافة حامض قوي للدم فإن نحو ٥٣٪ من الفعل المنظم يرجع للبيكربونات ، ٣٥٪ يرجع للهيموجلوبين ، ٧٪ لبروتينات البلازما و ٥٪ للفوسفات . وعندما يضاف حامض أو قاعدة للدم تحدث التفاعلات التالية :

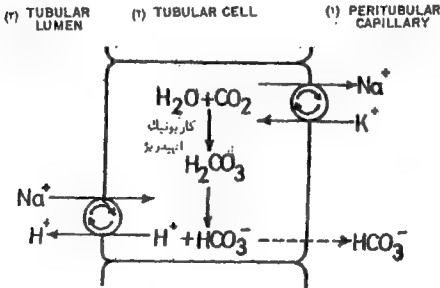


أما التنظيم التنفسي Respiratory adjustment فإنه يعتمد أساساً على حساسية التحكم في سرعة التنفس للتغير في ضغط ثاني أكسيد الكربون وحموضة الدم . والزيادة في ثاني أكسيد الكربون أو زيادة الحموضة تشجع التنفس وبالتالي الإخراج السريع لثاني أكسيد الكربون . هذه الوسيلة من التنظيم تلي أهمية المنظمات الكيماوية في العمل على ثبات

قيمة الأس الأيدروجيني للدم .

إخراج أيونات الأيدروجين والبيكربونات بواسطة الكلية يحدث عند التغيرات الكبيرة في pH الدم . وإخراج أيونات الأيدروجين (H^+) مثلاً عند زيادة حموضة الدم يتم عن الطريق التالي : $H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$ ، $H_3O^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2O + H_2CO_3$.

وذلك في القنوات البولية . وتكوين حمض الكربونيك يكفله وجود تركيز عالي من أنزيم الكربونيك أنهيدراز . وفي الجزء الأخير من القنوات يتم إخراج أيونات الأيدروجين في حين يعاد امتصاص أيونات الصوديوم (Na^+) . أيونات البيكربونات (HCO_3^-) الناتجة ترجع إلى الدم (شكل ٨-١) . ورغم ذلك فقد ثبت أن مصدر أيونات الأيدروجين ليس حمض الكربونيك ولكنه النفاعلات التي ينجم عنها أيون أيدروكسيل (OH^-) لكل أيون أيدروجين يفرز . أيون الأيدروكسيل القاعدي الناتج سيتم معادلته بواسطة أيون أيدروجين ناتج من حمض الكربونيك . غير أن المحصلة في النهاية واحدة وهي أن أيون الأيدروجين (H^+) سيخرج في حين أن أيون البيكربونات سيضاف للدم .



شكل ٨-١ : إفراز أيونات الأيدروجين بواسطة خلايا القنوات البولية . (عن غير الدين وولند)
(- نقل لقط ، انتشار)

(١) للشعيرات الدموية (٢) خلية القناة البولية (٣) تجميع القناة البولية

Urinary system الجهاز البولي

تمثل الكلية والرئة والجلد والأمعاء الأعضاء التي يتخلص الجسم بفضلاته من خلالها . والكلية جزء من الجهاز البولي urinary system الذي يتكون من كليتين ، حالبين ، مثانة ومجرى بولي (شكل ٨-٢) . وتعتبر الكلية Kidney من أهم أعضاء الإخراج في الثدييات حيث تخرج البول الذي يحمل بقايا عملية التمثيل . وتقوم الكلية بوظيفتين إخراجيتين هامتين هما : (١) إزاحة الفضلات النيتروجينية الناتجة من تمثيل البروتين مثل اليوريا . (٢) تنظيم الاتزان الحامضي - القاعدي بالجسم بواسطة استبعاد كمية محدودة من الماء . والكلية أيضاً تقوم بوظائف غير إخراجية مثل استعادة بعض المشنقات المفيدة التي ترشح من خلالها . حيث أن الدم بالجسم يحمل المواد الغذائية والماء والفضلات إلى الكلية والتي تستطيع ترشيح واستبعاد بعض هذه المكونات وأيضاً تستطيع إعادة امتصاص المفيد منها .

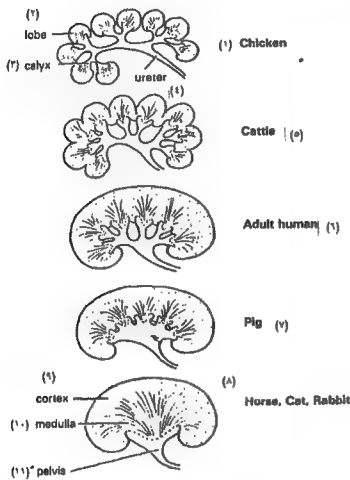
التركيب التشريحي للكلية : Anatomy of the kidney

موقع الكلية ومظهرها في جميع الثدييات متشابه حيث يوجد زوج من الكلى تقع على يمين ويسار الجدار الظهري للتجويف البطني (شكل ٨-٢) ويبلغ وزن الكلية ما يقرب من ٧٠٠ جم في الأبقار والخيل ونحو ١٥٠ جم في الأغنام . وفي الطيور تتركب الكلية من أجزاء أو فصوص ، غير أنه في بعض الثدييات قد تبدوا الكلية شبه مفصصة كما في الحيوانات المجترة الكبيرة في حين أنه في الحيوانات الأخرى فيبدو مظهرها مفصصاً ظاهرياً أو ناعماً (شكل ٨-٣) .

وإذا قطعت الكلية طولياً يظهر فيها جزئين (شكل ٨-٣، ٤) . ففي الكلية ذات الفص الواحد - وحيدة الأهرام (كما في الأرنب - القط - الخيل) فإن الجزء الخارجي يسمى القشرة Cortex ويظهر لونه خفيفاً عن الجزء الداخلي أو النخاع Medulla . وفي الثدييات الأخرى والطيور فإن كل فص يقسم إلى قشرة ونخاع - متعددة الأهرام . والتفصيل يعكس التطور الجنيني . ومظهر القشرة والنخاع هو نتيجة لترتيب الوحدات الفعالة المسماة بالوحدات البولية للكلية Uriniferous tubules .

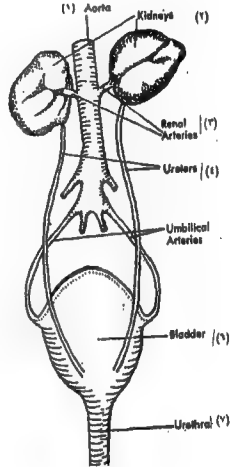
وأول أجزاء العمر البولي هو حوض الكلية Pelvis وهو ملاصق لمنطقة السرة Hilus بالكلية . وحوض الكلية يكون بسيطاً في الكلية وحيدة الفص ومتشعب في الكلية المجزأة .

ترتيب الممرات الإخراجية الأخرى كالحالبين Ureters ، المثانة Bladder والمجرى البولي Urethra تختلف في الأنواع المختلفة (شكل ٨-٥) ففي الطيور فإن المجرى البولي يفرغ في المجمع Cloaca . غير أنه في الثدييات فإن الحالبين يحملان البول للمثانة حيث يحفظ . يدخل الحالب عبر جدار المثانة بانحناء حيث يكون صمام يمنع رجوع البول . وعند التبول يمر البول من المثانة للخارج خلال المجرى البولي .



شكل ٨-٣ : المظهر العام للكلى
(عن هوث وأوليفسانيا)

(١) النملج (٢) فوس (٣) كلى (٤) الحالب (٥) المثانة (٦) الإنسان
(٧) الخنازير (٨) الحصان - القط والأرنب (٩) صر (١٠) مداع (١١) حردوس



شكل ٨-٢ : مظهر عام للجهاز البولي
في الحصان
(عن فيلمسون)

(١) الأورطي (٢) الكالين (٣) الشرايين الكوبية (٤) الحالب
(٥) الشرايين السرية (٦) المثانة (٧) المجرى البولي

التمويل النموي للكلية :

يصل كلية الفقرات الدنيا والطيور تمويلين مختلفين للدم . واحد هو النظام البابي Portal system ويغذي الدم اللازم لمنطقة الوحدات البولية . والثاني هو شريان كلوي Renal artery من الأورطي ويمرر الدم للترشيح وتكوين البول . وفي الثدييات فإن النظام البابي الكلوي يضمحل خلال المرحلة الجنينية تاركاً الشريان الكلوي ليقوم بكل الوظائف (شكل ٨-٢) . الشريان الكلوي يحمل نحو ٢٥٪ من الدم المدفوع بواسطة القلب . الدم الذي يترشح خلال القنوات البولية والدم الذي يغذي الأنسجة البينية المحيطة بالقنوات يعود في النهاية إلى الوريد الأجوف السفلي بواسطة الوريد الكلوي Renal Vein .

القنوات البولية Uriniferous tubule :

القنية البولية تتكون من الأنبوبة البولية Nephron والقناة المجمعة Collecting duct . وتحتوي الكلية الواحدة ما يقرب من مليون وحدة . ويصل طول الأنبوبة البولية نحو ٥٥ مم . وتتكون الأنبوبة من عدة مناطق متميزة (شكل ٨-٤) هي كالآتي :

- ١ - الحوصلة البولية Renal corpuscle التي تتكون من الحزمة الوعائية Glomerulus وحوصلة بومان Bowmans capsule .
- ٢ - القنية القريبة Proximal tubule بأجزائها المتعرجة والمستقيمة .
- ٣ - القنية الوسطى Intermediate tubule أوعية هنل Loop of Henle بأجزائها النازلة والصاعدة .
- ٤ - القنية الطرفية أو البعيدة Distal tubule بأجزائها المستقيمة والمتعرجة .

الحزمة الوعائية Glomerulus عبارة عن مرقد وعائي متفرع ومتشعب وملنف يبدأ من الشريان الوارد Afferent arteriole ويتجمع الدم منه ليخرج في الشريان الصادر Efferent arteriole . وتغلف هذه الحزمة الوعائية بواسطة نهاية منبجعة لقنية مسدودة تسمى حوصلة بومان Bowmans capsule (شكل ٨-٤) . العلاقة بين الحزمة الوعائية وحوصلة بومان علاقة معقدة . فانبعاث الأنبوبة المسدودة يسمح بوجود طبقتين من الخلايا الطلائية . الطبقة الجدارية وهي عبارة عن طبقة خلايا بسيطة تمثل استمراراً للجزء الباقي من القنية . والطبقة الداخلية التي تتكون من خلايا متحورة تسمى الخلايا الجيبية Podocytes التي تلتصق وتجاوز شعيرات الحزمة الوعائية .

الأنبوبة البولية Nephron تمتد من حوصلة بومان كجزء متعرج في المنطقة القريبة

من الحوصلة متبوعة بجزء مستقيم وكلاهما جداره يتكون من خلايا طلائية مكعبة بسيطة . القطاعات العرضية والطولية للقنية الملتفة القريبة Proximal convoluted tubule تضم معظم عناصر القطاعات الهستولوجية لمنطقة قشرة الكلية . وخلايا القنيات الملتفة القريبة تحتوي عدد كبير من الميتوكوندريا وسطحها القريب من تجويف القنية يوجد عليه عدد من الخملات الدقيقة، تشاهد تحت الميكروسكوب كحافة فرشاة . وهناك انبعاجات قاعدية في غشاء الخلية مع وجود عدد كبير من الميتوكوندريا محاذية للانبعاجات وهي صفات تتميز بها الخلايا المرتبطة بعملية نقل الأيونات .

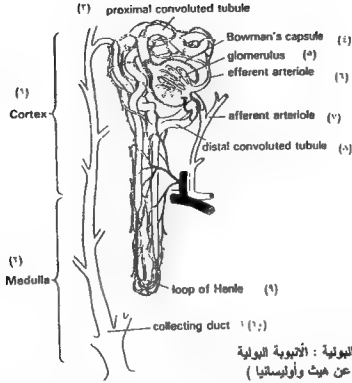
الجزء المستقيم من القنية البولية القريبة يستمر مع الجزء المتوسط المسمى بخية هنل . الجزء النازل من خية هنل جداره رقيق ويغلف بخلايا طلائية منبسطة . أما الجزء الصاعد فتغلفه خلايا طلائية اسمك تشبه كثيراً تلك الموجودة في القنيات الملتفة البعيدة والتي تمثل استمرار لها .

القنية الملتفة البعيدة Distal convoluted tubule يغلفها خلايا طلائية مكعبة تختلف عن تلك الموجودة في القنية الملتفة القريبة في أنها أصغر ولا تحتوي على حافة تشبه الفرشة . القنية الملتفة البعيدة ملتوية وعند أحد النقط التي تسمى البقعة المكسدة Macula densa تلتصق مع الأوعية الشريانية للحرزمة . وهذه المنطقة ذات أهمية في التنظيم الهرموني لوظائف الكلية . وتصبب القنية الملتفة البعيدة في القنوات المجمعة Collecting ducts التي تصب فيها عدد كبير من الوحدات البولية .

ومن المهم ملاحظة أن القنيات البولية تنظم في الكلية في شكل معين وهو ما يميز القشرة عن النخاع (شكل ٨-٤) . فالقشرة تضم الحزم الوعائية والجزء الملتف القريب والبعيد في حين أن نخاع الكلية يضم فقط الجزء المتوسط والأنابيب المجمعة .

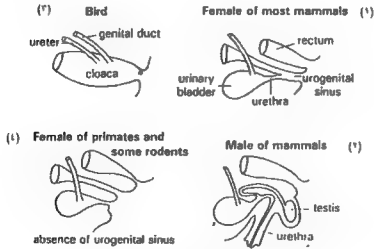
الحالب والمثانة ومجرى البول Ureters, Bladder and Urethra :

الحالب Ureter عبارة عن أنبوبة عضلية تمر من حوض الكلية للأسفل حيث تفتح في المثانة في وضع مائل مما يشكل ما يشبه الصمام الذي يمنع رجوع البول للحالب ثانية عند انقباض المثانة (شكل ٨-٥) . أما المثانة Bladder فعبارة عن كيس عضلي يختلف حجمه حسب كمية البول التي تحويه . فالمثانة الخالية المنقبضة تكون بيضية الشكل وجدارها سميك وموقعها فوق أرضية الحوض . ومع امتلاء المثانة ترق جدرانها وتعتمد في اتجاه التجويف البطني . وفي الطرف السفلي للمثانة وعند العنق توجد فتحة مجرى البول التي يحيط بها صمام من العضلات العاصرة تنظم مرور البول . ويبطن



شكل ٨-٤ : القنية البولية : الأنبوية البولية
والكناة المجمعة (عن هيث وأوليستانيا)

(١) قنيتو (٢) البعاج (٣) القمية الملتفة البعيدة (٤) حوصله بومالي (٥) الحزمة الوعائية (٦) شريان صافو (٧) شريان وارز (٨) القنية الملتمة
(٩) خيه هلي (١٠) قناة مجمعة



شكل ٨-٥ : مقارنة للعلاقة بين الممرات البولية
والإخراجية في الطيور والثدييات
(عن هيث وأوليستانيا)

(١) أنثى معظم الثدييات (٢) ذكر الثدييات (٣) الطيور (٤) أنثى الزواحف وبعض القوارض

حوض الكلية والحالب والمثانة ومجرى البول غشاء طلائي انتقالي Transitional epithelium يساعد في اتساع وضيق مجرى هذه الأعضاء حسب الحاجة . وخلف هذا الغشاء يوجد غشاء ضليق يحوي ألياف العضلات الناعمة . وتتميز المثانة باحتواء جدرانها على ٣ طبقات من العضلات . طبقة العضلات الداخلية تكون طويلة والوسطى دائرية والخارجية طويلة .

ميكانيكية تكوين البول Mechanism of urine formation :

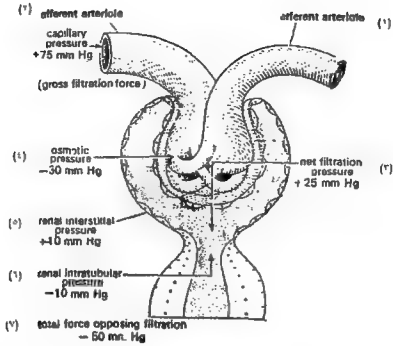
يتم تكوين البول في الوحدات البولية في عدة مراحل تشمل :

١ - الترشيح بالحزم الوعائية Glomular filtration :

يجري ترشيح البول أساساً في الحزم الوعائية التي فيها يحدث تفريع للشعيرات الشريانية الداخلة في صبورة مرقد وعائية تتجمع مرة أخرى في صورة شعيرات خارجة قطرها أقل من قطر الشعيرات الداخلة . الضغط العالي في هذا النظام الوعائي (+ ٧٥ مم زئبق) يدفع حجم كبير من السائل والمواد الذائبة خلال الجدر المنفذة للشعيرات إلى الحوصلة البولية . كما أن الضغط الاسموزي للمواد الموجودة على جانبي الأغشية المنفذة يساعد على مرور السوائل والمواد الذائبة من الدم للحوصلة (شكل ٨-٦) . الراشح الناتج من الحزم الوعائية يشبه بلازما الدم ماعدا معظم مكوناتها البروتينية . ويومياً يتم ترشيح نحو ١٨٠ لتر من السوائل خلال حويصلات بومان (٤٥ جالون) ولكن ينتج فقط نحو ١-١٥ لتر بول في اليوم .

٢ - إعادة الامتصاص Reabsorption :

نظراً لخلو راشح الحزم الوعائية من بروتينات الدم فإن ضغطه الاسموزي يكون منخفضاً عن الدم (شكل ٨-٧) ولذلك فخلال مروره بالقنيات يحدث إعادة لامتصاص بعض مكونات الراشح . وبمجرد أن يعبر الراشح القنية القريبة فإن بعض المكونات يكون قد تم امتصاصها تقريباً بواسطة النقل النشط . وهذه تشمل الجلوكوز ، الأحماض الأمينية ، البيروفات ، اللاكتات وحمض الاسكوريك . ونحو ٩٠٪ من الصوديوم الموجود بالراشح يعاد امتصاصه بطريقة مضخة الصوديوم . خروج الصوديوم لوحده سوف يترك شحنة سالبة زائدة بداخل القنية ولكن هذا يتم تجنبه بمرور أيونات الكلوريد مروراً سلبياً بمصاحبة أيونات الصوديوم . وجود هذه الأيونات يزيد الضغط الاسموزي في الخارج ولذلك يغادر الماء القنيات . وبهذه الطريقة فإن نحو ٩٠٪ من ماء الراشح



شكل ٨-٦ : الوحدة البولية بالكلى ويظهر تغير الضغوط وما ينجم عنه من تكوين راشح البول على ضغط ٢٥ مم زئبق (عن فورما وآخرون)

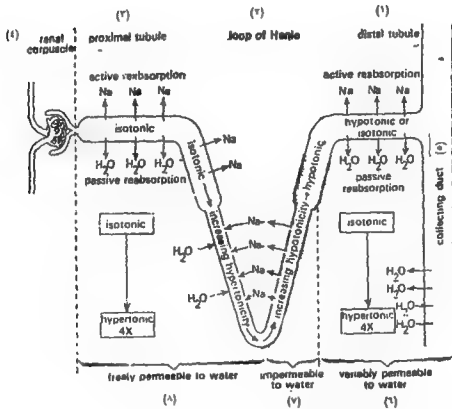
(١) شريان صافى (٢) شريان وارد (٣) ضغط فلترة شوح (٤) الضغط الاسموزى (٥) ضغط الأنسجة القريبة (٦) ضغط داخل الشعيرات (٧) مجموع القوى المعادة للترشح

يزاح بواسطة إعادة الامتصاص الإجبارية للمكونات متعادلة الاسموزية .

اليوريا تتحرك تبعاً لشدة فرق التركيز والضغط الاسموزي . وفي القنوات القريبة يعاد امتصاص نحو ٤٠-٥٠% من مقدار اليوريا الموجودة بالراشح . وأي قدر من البروتين قد يهرب خلال الحزمة الوعائية ربما يعاد امتصاصه في القنوات القريبة .

ومع مرور الوقت فإن الراشح المعدل يدخل الجزء النازل من خية هنل ويقل حجم الراشح كثيراً ويتغير تركيبه ولكن درجة الحموضة والاسموزية والوزن النوعي لا تتغير . وبمجرد أن يمر الراشح للأسفل خلال الجزء النازل فإنه يفقد بعض الماء السائل البينخلوي متزايد التركيز . الجزء الصاعد من خية هنل غير منفذ للماء ولذلك فإن الراشح يفقد الصوديوم بدون فقد الماء . وعليه فإن نظام التيار المضاد Counter-current mechanism أي الامتصاص ضد منحنى فرق التركيز والضغط ثبت وجوده في خية هنل . ولذلك فإن الراشح نفسه يمكن أن يصبح أكثر تركيزاً في الجزء المستقيم من المنطقة الطرفية للخية (شكل ٨-٧) .

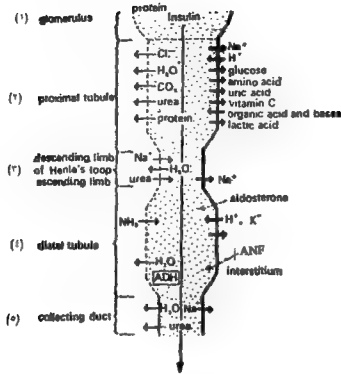
في القنابات الملتفة البعيدة أو الطرفية والجزء الأول من القنوات المجمعة فإن الجزء الباقي من الصوديوم يعاد امتصاصه . وهذا يتضمن نظامين : (١) يعمل الهرمون المضاد للتبول ADH المفرز من النخامية الخلفية والعامل المخرج للصوديوم ANF المفرز من القلب على خلايا القنابات الملتفة البعيدة منظماً نفاذيتها للصوديوم . (٢) خلايا الجزء الطرفي تكون وتفرز أيونات الألدوجين ، البوتاسيوم والأمونيوم (وجود تركيز معين منها ضروري لحفظ الاتزان القاعدي - الحامضي) في مقابل امتصاص الصوديوم .



شكل ٨-٧ : ميكانيكية تكوين البول في الثدييات (عن فيرما وآخرون)

(١) النسبة الطبيعية (٢) خلية هـل (٣) قنبة القريبة (٤) الحوصلة البولية (٥) لقناة المجمعة (٦) بغاربه احتيازيه للماء (٧) غير منفذ للماء . (٨) بغاربه حرة للماء

استمرار إعادة امتصاص الماء في الجزء الطرفي من الوحدة البولية يعتمد على فعل الهرمون المضاد للتبول والهرمون المخرج للصوديوم على نفاذية الخلايا للصوديوم . أما هرمون الألدوستيرون المفرز من قشرة الأدرينال فيزيد من امتصاص القنابات للصوديوم ويسهل استبعاد أيونات البوتاسيوم والألدوجين والكلوريد (شكل ٨-٨) .



شكل ٨-٨ : شكل يوضح عملية الامتصاص الاختياري خلال القناة البولية والعوامل المؤثرة عليها (عن أيرما وآخرون)

(١) الحزمة الرعائية (٢) لقناة البولية (٣) خذ هل (٤) لقناة الطوية (٥) قناة السمجة

تنظيم تكوين البول : Control of urine formation

يتم تنظيم عملية تكوين وإخراج البول عن طريق تكامل عمل الجهازين العصبي والهرموني .

١ - التنظيم العصبي : تمول الكلية بعدد كبير من الألياف العصبية . الإشارات العصبية الواصلة من الجهاز العصبي المركزي عبر هذه الألياف تسبب انقباض أو انبساط الأوعية الدموية الكلوية كما وتغير من نفاذية جدر الحزمة الوعائية والقدرة الامتصاصية للخلايا الطلائية للقنوات البولية وهو ما يؤثر على تكوين البول .

٢ - التنظيم الهرموني : تؤثر بعض الهرمونات في عملية تكوين البول . فمثلاً الهرمون المضاد للتبول ADH يساهم في تنظيم كمية الماء الخارجة بالبول . هذا

الهرمون يعمل على جدر القنوات المجمعة للوحدات البولية بما يؤدي لزيادة نفاذيتها للماء . وعند غياب الهرمون المضاد للتبول أو زيادة هرمون القلب المخرج للتبول فإن القنوات المجمعة تصبح جرياناً غير منفذة للماء ولذلك فإن كمية بسيطة من الماء ترجع مرة أخرى للدم من التبول بواسطة القوة الاسموزية قبل أن تدخل الحالبين . كما ويعتقد أيضاً أن هرمون الثيوركسين يعمل على نقص إعادة امتصاص الماء في القنوات البولية مما يؤدي لزيادة التبول Diuresis . هرمون الألدوستيرون يؤثر على تكوين البول من خلال تنظيمه لكمية الصوديوم والبوتاسيوم المحتجزة في الدم وتلك المخرجة .

التبول Urination :

عندما يصل حجم البول بالمئات لحجم معين (أكبر من ٣٠٠-٤٠٠ مل في الإنسان) يشعر الفرد بامتلاء المثانة والرغبة في التبول حيث تنبه نهايات الأعصاب المنتشرة في جدر المثانة محدثة تنبيهاً يصل للحبل الشوكي حيث يوجد مركز التبول بالمنطقة العجزية من الحبل الشوكي . ينعكس هذا التنبيه مؤدياً لارتخاء الصمام الداخلي لعنق المثانة وانقباض عضلات جدر المثانة ويبدأ البول في المرور لقناة مجرى البول Urethra . ويستمر نزول البول بمساعدة مجموعة من الأفعال المنعكسة التي تؤدي للاستمرار انقباض جدر المثانة وارتخاء العضلات العاصرة لضمان تفرغ المثانة . وإذا لم يحدث التبول وبلغ حجم البول قدراً معيناً (٨٠٠-١٠٠٠ مل في الإنسان) يتحول الشعور بامتلاء المثانة إلى ألم في البطن ويحدث التبول لا إرادياً .

خواص البول Characteristics of urine :

البول عبارة عن سائل يحتوي على مخلفات التمثيل الغذائي للمواد الأزوتية وبعض الأملاح المعدنية والمواد الملونة . فحص الخواص الطبيعية والكيميائية للبول يعتبر طريقة مفيدة في تشخيص عديد من الحالات غير الطبيعية للحيوانات .

وهناك مدى طبيعي لكمية البول المخرجة يومياً والاختلافات فيها ترجع لنوع الطعام والماء المستهلك والطقس والنشاط الطبيعي للحيوان . وتخرج أبقار اللبب يوماً نحو ١٤ لتر بول ، الحصان نحو ٥ لتر ، الأغنام والماعز نحو ١ لتر والإنسان نحو ١.٥ لتر . وللبول رائحة مميزة للنوع . وهو مائي القوام في غالبية الثدييات ، ورائق شفاف ويميل لونه للأصفرار أو الأصفر المائل للبيج . بول الخيل يتحول لونه إلى البيج الغامق عند سكونه وهو أسمك دوعاً وغير رائق لاحتوائه على بلورات كربونات الكالسيوم والمخاط . ويصبح بول الثدييات معكراً بعد سكونه لترسيب كربونات الكالسيوم .

وبعض أنواع الأطعمة قد تضيف على البول اللون الأحمر أو الأخضر أو البرتقالي .
تغير اللون قد يرجع أيضاً لوجود بعض السموم والعقاقير أو للفشل الكلوي والكبدى .

تفاعل البول غالباً ما يكون حامضياً في الحيوانات آكلة اللحوم (في الإنسان يتراوح الـ pH بين ٤.٧-٦) . غير أن تفاعل بول أكلات العشب يكون قلوياً (في الأبقار يتراوح الـ pH بين ٦-٨) . التغيرات الواضحة في درجة الحموضة والقلوية ربما تعكس تمثيل غير طبيعي في الكلية .

تحت الظروف الطبيعية لا يحتوي البول على بروتين ، جليكوز ، كيتونات ، دم أو صبغات الصفراء . هذه النواتج يمكن قياسها في بعض حالات فشل الكلية والأورام والفشل البنىكرياسي أو الكبدى أو الهرموني .

إذا تم عمل طرد مركزي للبول يتكون راسب بسيط . وقد يمكن ملاحظة وجود بعض كرات الدم البيضاء أو الخلايا الطلائية أو المخاط أو البلورات . البكتريا قد توجد إذا تم جمع البول بطريقة غير صحيحة . نواتج الفحص المجهرى غير العادية في البول المطرود مركزياً تشمل زيادة في أعداد الخلايا الطلائية ، خلايا الدم ، فضلات الأنسجة (أجسام اسطوانية صلبة تتكون في فجوات القنابات البولية وتشمل خلايا ودهن ودم) ، كائنات حية (تشمل الخميرة ، الفطريات والبكتريا) والطفيليات (تشمل البروتوزوا) وكذلك البلورات والدهن .

الجلد والتراكيب الجلدية : The skin and associated structures

الجلد يمثل أكبر عضو في الجسم ليس فقط في مساحة السطح ولكن في الضخامة حيث يمثل نحو ١٥٪ من كتلة الجسم . وهو يحمي أعضاء الجسم من المؤثرات الخارجية وكذلك المساهمة في تنظيم حرارة الجسم والإخراج والاحساس . والجلد يتكون أساساً من طبقتين هما البشرة Epidermis والأدمة Dermis . تركيب وثخانة جلد الحيوانات يختلف حسب النوع والعمر . ويبلغ متوسط ثخانة جلد الأغنام ٢.٧ مم ، والماعز ٢.٩ مم ، والخنازير ٢.٢ مم والماشية ٦ مم . وثخانة جلد الخيول تتراوح بين ١-٥ مم وأثنى مناطقه تكون الجزء الظهري من الذيل والعرف ويكون الجلد رقيقاً في البطن . وقد تنحور البشرة أثناء نموها في بعض المناطق وفي بعض الحيوانات لتكون حوافر أو مخالب أو قرون .

تركيب الجلد Structure :

الجلد عبارة عن نسيج مصنف يحتوي على ثلاثة طبقات رئيسية هي البشرة Epidermis والأدمة Dermis وهما يشكلان الجلد الحقيقي ثم طبقة ما تحت الجلد Hypodermis (شكل ٨-٩) .

١ - البشرة Epidermis :

تمثل الطبقة الخارجية من الجلد وتتكون من نسيج طلائي حشفي مصنف وهي توجد في شكل طبقتين عميقة وسطحية (شكل ٨-١٠) . الطبقة العميقة أو الخضرية Stratum germinativum وهي مصدر الخلايا الأخرى والطبقة السطحية القرنية Stratum corneum . الطبقة العميقة تتكون من الغشاء القاعدي Stratum basale وجزئين خلويين ثانويين هما الطبقة الشوكية Stratum Spinosum والطبقة المحببة Stratum granulosum من الخارج .

الغشاء القاعدي Stratum basale يعتبر أعمق طبقة خلوية في البشرة ويتكون من خلايا ترتكز على غشاء قاعدي ليفي Basement membrane .

الغشاء الشوكي Stratum spinosum طبقة واسعة من الخلايا الشوكية أو متعددة الزوايا تتصل بواسطة كباري بين خلوية وتتقاطع بواسطة ليفات سيتوبلازمية . وهي متميزة عن خلايا الغشاء المحبب .

الغشاء المحبب Stratum granulosum يتكون من صفين أو ثلاثة صفوف من الخلايا المحتوية على حبيبات داكنة تسمى Keratohyalin granules وهذه الخلايا توجد بداخل الغشاء القرني في حالة غياب الغشاء الراقق .

الغشاء الراقق Stratum Lucidum يوجد في الجلد السميك للثدييات ولكنه يغيب في الحيوانات الازراعية . وعند وجوده يكون مجاور للغشاء القرني . ويتكون من خلايا فقدت قدرتها على الصبغ وتشكل شريطاً ضيقاً رائقاً يفصل ما بين الخلايا الحية والميتة . وفي الأبقار تلاحظ هذه الطبقة في جلد المناطق المجاورة لفتحة الشرج والقرون والعرقوب .

الطبقة القرنية Stratum corneum تتكون من حراشيف أو خلايا فقدت أنويتها تكون طبقة قرنية ميتة من الكيراتين Keratin . وسطح هذه الطبقة مائت ويسهل نزعه عند الاحتكاك .

سمك طبقة البشرة يختلف حسب الموقع حيث تكون أسمك على أماكن الجسم التي بها شعر عن مواقع الجلد الخالية من الشعر .

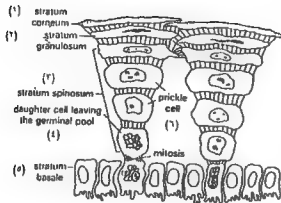
الاتصال بين البشرة والأدمة يكون عن طريق الغشاء القاعدي . وفي مناطق الجسم السمكية فإن الغشاء القاعدي يكون قمع متموجة . وعندئذ قد يكون الغشاء القاعدي ناعم ومنظم في المساحات ذات الشعر أو منتني في المساحات الناعمة .

وبجانب الخلايا المكونة للكراتين Keratinocytes فإن بعض الخلايا الأخرى قد تكون موجودة في طبقة البشرة مثل الخلايا الملونة Melanocytes . وهي خلايا نجمية الشكل مصبوغة باللون الأسود وتقع بين خلايا الغشاء القاعدي . زوائد الخلايا الملونة تمتد للأعلى في المسافات بين خلايا البشرة . ولون الجلد يعتمد على عدد الخلايا الملونة الموجودة . الخلايا الطلائية لبشرة الحيوانات الزراعية قد تحتوي أيضاً صبغات فتوجد الصبغات بتركيز عالي بالقرب من الغشاء القاعدي وتقل كميتها في اتجاه الطبقات المسطحية .

٢ - الأدمة Dermis :

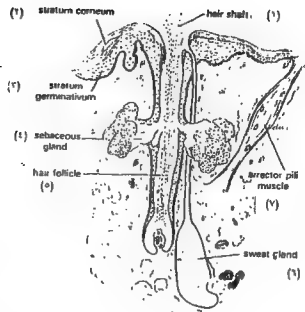
عبارة عن النسيج الضام الليفي للجلد والذي يقع بين البشرة والنسيج تحت الجلد . البشرة والملحقات الجلدية التي تنمو عليه أو من خلاله نحصل على غذائها منه . وتمثل الألياف الكولاجينية غالبية النسيج الضام في حين أن الألياف الشبكية Elastic reticular fiber تمثل جزء صغيراً . ويمكن تقسيم الأدمة إلى الطبقة الحلمية السطحية والطبقة الشبكية العميقة . الاتصال بين الطبقتين يكون غالباً عند مستوى الشعر والغدد العرقية . ويتخلل هذه الطبقة جذور الشعر والعضلة الناصبة للشعر Arrector pili muscles والغدد الدهنية والعرقية والأوعية الدموية والأعصاب . وفي الماشية فإن ألياف الأدمة تكون سائبة أو ضعيفة الاتصال . وعموماً فإن ألياف الأدمة في سلاسل المناطق المعتدلة تكون أكثر اتصالاً ببعضها في حين أنها في سلاسل المناطق الحارة تكون أقل اتصالاً .

من المكونات الأخرى لطبقة الأدمة المادة الأساسية وهي تكون شبه جيلاتينية عديمة الألياف متائلة وتتكون من سكريات عديدة مخاطية Mucopolysaccharide . والمادة الأساسية تضم وتثبت كل المكونات الخلوية والليفية للأدمة . وتساعد في تنظيم توزيع الأيونات ، الماء ، الأليكترولينات ، العناصر الغذائية ، الهرمونات والجزيئات الكبيرة الأخرى .



شكل ٨-١٠ : الطبقات الخلوية للبشرة
(عن هيث وأوليمانيا)

(١) الطبقة القرنية (٢) الغشاء المحبب (٣) الغشاء الشوكي
(٤) خلايا وليده (٥) الغشاء القاعدي (٦) خلايا برلكي



شكل ٨-٩ : قطاع في جلد الماشية
(عن هيث وأوليمانيا)

(١) الشعر (٢) الطبقة القرنية (٣) الطبقة المضطربة (٤) غدة دهنية
(٥) بصيلة الشعر (٦) غدة عرقية (٧) عضلة ناصبه

٣ - الطبقة تحت الجلد Hypodermis :

وهي طبقة تلي الأدمة وتقوم بوصل الجلد بالتراكيب التي تليها وتعمل على تثبيت طبقتي البشرة والأدمة . وهي تحوي المواد الدهنية التي تعمل كعازل حراري . والطبقة تحت الجلد تكون أسمك في الحيوانات الزراعية التي تتشأ بالمناطق الحارة عن تلك ذات النشأة في المناطق المعتدلة .

وتتكون الطبقة تحت الجلد من عوارض كولاجينية سائبة مع عديد من الألياف المطاطة . وهذه تختلف عن الطبقة الشبكية للأدمة في أن الألياف أكثر انقباضاً وتترتب في طبقات . وهي تحوي عضلات جلدية Cutaneous muscles في بعض مناطق الجسم وهذه العضلات هي عضلات هيكلية تتصل بالأدمة وتعمل على تحريك الجلد وذلك عند شدة .

٤ - الغدد الجلدية Skin glands :

يوجد بالجلد نوعين أساسيين من الغدد هما الغدد العرقية والغدد الدهنية :

(أ) الغدد العرقية Sweat glands : يوجد نوعين من الغدد العرقية . غدد صغيرة Merocrine (eccrine) وتنشأ مباشرة من البشرة الأولية ولا ترتبط بحويصلات الشعر . والنوع الآخر الغدد الكبيرة Apocrine وتنشأ من براعم الشعر في الجنين ونوجد باستمرار متصلة مع حويصلات الشعر .

الغدد العرقية في الجلد المحتوي على شعر بالحيوانات الزراعية هي غالباً من النوع الكبير Apocrine وتتكون من جزء إفرازي يكون في شكل أنبوبة ملتفة ضيقة وقناة إخراجية تفتح عند عنق حويصلة الشعر وغالباً فوق الغدد الدهنية . وتبعاً للشكل ودرجة التفرع فإن حيوانات المزرعة خاصة الماشية تحوي ثلاثة أنواع من هذه الغدد هي : النوع الأنبوبي المركب ، النوع الحويصلي الملفت والنوع الحويصلي غير الملفت . وحيوانات المناطق الحارة غالباً ما تحوي النوع الحويصلي في حين أن النوع الأنبوبي ينتشر في ماشية المناطق المعتدلة .

وعند الغدد العرقية في مساحة الجلد يختلف حسب النوع ومناطق الجسم . فهو مثلاً في ماشية الشورتهورن يبلغ $600/سم^2$ في حين أن ماشية الزيبو يوجد بها نحو $1600/سم^2$. زيادة عدد الغدد مهم في تنظيم درجة الحرارة حيث أن الرطوبة التي تخرجها تبخر من الجلد مما يعمل على تبريد الجلد ومساعدة الحيوان على مقاومة ارتفاع حرارة البيئة . ولذلك يفضل اختيار الحيوانات التي تتميز بهذه الصفة للتربية في المناطق الحارة .

توجد بالجسم بعض الغدد التي تتحور عن الغدد العرقية مثل غدد الأنف في الأبقار والخنازير وغدد القرون بالماعز وغدد وسادة حوافر الخيل حيث أنها تفرز إفراز مائي . كذلك تعتبر الغدد اللبنية في إناث الثدييات نوع محور من الغدد الجلدية العرقية .

(ب) الغدد الدهنية Sebaceous glands : عبارة عن غدد بصليية بسيطة أو متفرعة توجد بالقرب من حويصلات الشعر وهي تفتح في كيس الشعرة من خلال قناة إخراجية . وتختلف الغدد الدهنية في العدد والتوزيع بالجسم حسب النوع حيث تكون صغيرة في المجترات والخنازير مقارنة بالخيل . وتفرز الغدد الدهنية مادة تعرف بالزيت Sebum وتتكون من مخلوط أحماض دهنية وجلسريدات ثلاثية وشموع واسترولات وبرافين وليبيدات أخرى وإفرازها مستمر . وأهم وظائف هذا الدهن هو تزييت الشعر النامي وحفظ الجلد ناعم ولين وحماية الجلد من تأثير الأشعة تحت الحمراء والبكتريا والأجسام الغريبة حيث يكون طبقة عازلة على سطح الجلد . وقد يلعب هذا الزيت دوراً في تنظيم درجة الحرارة والأقلمة على الحرارة العالية . كما أنه قد يكون ذو رائحة مميزة للنوع أو الجنس مما يؤثر على سلوك الحيوان .

هناك بعض الغدد المحورة عن الغدد الدهنية مثل غدد كاحل جفن العينين وغدد الشفرت والشرج وغدد قناة الأذن الخارجية .

٥ - الشعر Hair :

ينتشر الشعر على جميع سطح جسم الثدييات ما عدا مناطق معينة مثل نهاية وسادة الأنف . ويستنتى من ذلك الأغنام التي يكون الصوف هو غطائها وكذلك ما عر الموهير والكشمير واللاما التي يكون الشعر الحريري هو غطاء الجسم فيها . والصوف والشعر الحريري نوع محور من الشعر . ويتصل بكل شعرة واحد أو أكثر من الغدد الدهنية وغدة عرقية واحدة وكذلك عضلة شعرة Hair arrector (شكل ٨-٩) .

ويحتوي الشعر على مجموعة من الخلايا المركزية تسمى النخاع Medulla يحيط بها طبقة القشرة Cortex وهذه يحيط بها طبقة البشرة المتصلة أو الكيوتيكل Cuticle . وفي شعر جنين الإنسان والصوف الناعم يكون النخاع غير موجود . ويتكون النخاع من لفة أو أكثر من الخلايا المتعرجة . وخلايا القشرة مغزلية وطولية . وقد توجد الصبغات في كل من النخاع والقشرة ولكنها لا توجد في طبقة الكيوتيكل . وتتكون طبقة الكيوتيكل من طبقة خلايا طلائية رقيقة قرنية شفافة .

والشعرة تنمو من حويصلة Hair follicle توجد بطبقة الأدمة . والشعرة داخل الحويصلة تكون محاطة بثلاثة طبقات هي الغمد الداخلي Internal root sheath والغمد الخارجي External root sheath وطبقة الأنسجة الضامة connective tissue sheath . وعندما تجنب الشعرة خارج الجلد فإن الغلاف الداخلي للجذر يخرج مع الشعر المنزوع في حين يبقى الغلاف الخارجي والنسيج الضام .

وظائف الجلد Functions :

يقوم الجلد بعدة وظائف هامة يمكن تلخيصها في الآتي :

- ١ - الحماية الميكانيكية Mechanical protection : تقوم بعض التراكيب المشتقة من الجلد مثل الشعر Hair ، الحوافز Hoofs والأظلاف Nails ، القرون Horns ، الريش feather والمخالب claw بوظيفة حماية الأجزاء التي تحتها . فالتبقة القرنية للبشرة يزيد سمكها في المناطق المعرضة للاحتكاك بالعوامل الخارجية الضارة . والشعر الموجود على الجلد يقوم بوظيفة مقاومة القطع ومقاومة أضرار الأشعة والحرارة والالتهابات الكيميائية .

٢ - الإحساس بالمؤثرات البيئية Sensation : حيث ينتشر في الجلد نهايات الأعصاب الحسية في صورة أنواع مختلفة من المستقبلات المتخصصة لأنواع المؤثرات المختلفة . وعند وقوع مؤثر ما عليها مثل الحرارة تنتقل منها إشارات عصبية للجهاز العصبي المركزي التي يرد عليها في صورة تغيرات فسيولوجية حسب المؤثر . وجود هذه المستقبلات الخارجية يجعل الحيوان سريع الاستجابة للمؤثرات الخارجية .

٣ - النفاذية Permeability : تعمل البشرة كحاجز يمنع تخلل كثير من المواد الغريبة . وامتصاص أي مادة يعتمد على خواصها وعلى حالة الجلد خاصة الطبقة القرنية Stratum corneum . ولقد ثبت أن الجلد منفذ للماء من خلال طبقة البشرة ، كما أن الألكتروليتات يمكن أن تتخلل الجلد . المواد التي تذوب في الدهون يمكن أن تتخلل الجلد بسرعة وبصورة كاملة . أما المواد التي تذوب في كلا من الدهن والماء فتتخلل الجلد بسرعة أكبر ربما تفوق سرعة امتصاصها من الأمعاء . ومن المواد التي تذوب في الدهن وتمتص بسرعة حامض السليسيك والفينول ، الفيتامينات الذائبة في الدهن والهرمونات الجنسية . كما أن المعادن الثقيلة يمكن أن تخترق الجلد ولذلك يمكن استخدام هذه الخاصية في علاج بعض الأمراض مثل استخدام أملاح الزئبق في علاج مرض الزهري Syphilis ويكون ذلك في صورة مراهم . اختراق الرصاص والخرصين أقل من الزئبق . ومعظم الغازات والأبخرة المتطايرة يمكن أن تنفذ من الجلد مع استثناء أول أكسيد الكربون . نفاذ الغازات يتم عن طريق الانتشار البسيط خلال طبقات الجلد الداخلية التي تعمل كمادة مذيبة .

٤ - الحماية من الفعل البيولوجي للأشعة Actinic irradiation : أشعة الشمس تنقسم إلى أشعة بنفسجية ، أشعة مرئية وأشعة تحت حمراء . والجلد هو المكان الرئيسي للفعل البيولوجي لأشعة الضوء . فالأشعة تحت الحمراء تمتص في الطبقات العليا للجلد مؤدية لارتفاع درجة الحرارة ويقل التأثير في العمق . الأشعة المرئية تمر لمسافة أطول عن الأشعة تحت الحمراء ولذلك فإن الأشعة المرئية المكثفة قد تؤدي لارتفاع درجة الحرارة لعدة درجات عند عمق عدة سنتيمترات من الجلد في حين أن درجات حرارة السطح تتغير قليلاً . وقد يتبع ذلك زيادة توارد الدم ونشاط الغدد العرقية . الأشعة فوق البنفسجية تختلف جوهرياً عن الأشعة الأخرى في قابليتها لإحداث تغيرات كيميائية في الأنسجة السطحية فهي تحدث ضرراً مباشراً لخلايا البشرة ممثلاً في ضربة الشمس Sunburn وهو أقل حدوثاً في الحيوانات عن

الإنسان نظراً لوجود غطاء الشعر والصبغات . وتعتبر أشعة الشمس واحداً من أهم أسباب سرطان الجلد الذي يعزى أساساً لفعل الأشعة فوق البنفسجية .

ويعتبر تخليق فيتامين « د » Vit. D. وتأثيره المضاد للكساح من أوضح التأثيرات الناجمة عن فعل ضوء الشمس على مركب ٧ - ديهيدروكوليسترول الموجود بالجلد .

٥ - المساهمة في عملية الإخراج Excretion : يقوم الجلد من خلال الغدد العرقية والدهنية بإخراج الماء والأملاح والدهون الزائدة عن حاجة الجسم أو الناتجة عن العمليات التمثيلية . إخراج بعض هذه المواد مثل الماء يزيد خاصة في بعض الظروف مثل ارتفاع درجات الحرارة وذلك كوسيلة من وسائل تنظيم درجة حرارة الجسم . ولذلك نجد أن عدد الغدد العرقية وكفاءتها تزيد في حيوانات المناطق الحارة عن حيوانات المناطق المعتدلة . كما أن مساحة الجلد بالنسبة لوزن الحيوان تزيد في هذه الحيوانات مما يؤهلها لمقاومة ارتفاع درجات الحرارة .

وتختلف الحيوانات في قابليتها للعرق . فالخيل يحتوي جلداه على عدد أكبر من الغدد العرقية المتطورة والنشطة مقارنة بغيرها من الثدييات المستأنسة . قابلية الحيوانات الزراعية الأخرى لتعرق تقل حسب الترتيب الآتي ، الجمال - الماشية - الأغنام - الماعز - الخنازير والدواجن . ورغم أهمية الاستجابة للحرارة ، فإن العرق بالجمال لا يلاحظ في الفترات المتقطعة . الشعر في الجمال لا يصبح مبللاً كما هو في الخيل وذلك لأن البخار عن طريق العرق يحدث أساساً على سطح الجلد . الحيوانات الزراعية قليلة العرق تستجيب للحرارة بواسطة التبريد عن طريق البخار من الجهاز التنفسي كما يحدث في الأغنام .

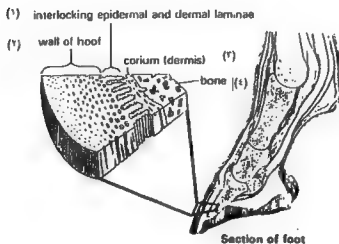
الحوافر والمخالب والقرون Hooves, Claws and Horns :

الحوافر مثلها مثل الشعر يعتبر نميج البشرة مصدرها وأن نموها ينتج من الغشاء الخضري (النسيج القاعدي) . الحوافر والمخالب والقرون تتكون من أنابيب الشعر أو أنابيب القرون والتي تلتصق ببعضها بواسطة القرن البين أنبوبي .

هذه التركيبات مثل البشرة نفسها تستقبل الغذاء من الأدمة . وأدمة الحوافر منحورة تماماً وتغذي بالأوعية الدموية والأعصاب للمحافظة على الحوافر .

الطبقة تحت الجلد تغيب في عدد من الأماكن في هذه التركيبات . الجسم الحلمي

Papillary body يكون عالي وعادة ما يتحول ليكون حلمات ميكروسكوبية طويلة ،
تركيبات تشبه الأوراق أو الارتفاعات . والصفائح الجلدية الأولية والثانوية - صفائح
نسيجية رقيقة تكسو اللحم ضمن جدار الحوافر (شكل ٨-١١) .



شكل ٨-١١ : اتصال وتركيب جدار الحافر (عن هيث وأوليمانيا)

(١) قشيرة (٢) جدار الحافر (٣) الأظفار (٤) العظم

الفصل التاسع الجهاز العصبى

Nervous system

الجهاز العصبى عبارة عن مجموعة الأنسجة التى تقوم بدور هام فى تنظيم العمليات الفسيولوجية بالكائن الحى . وهو يوفق بين العمليات المختلفة وبين ظروف البيئة الداخلية والخارجية طبقا لحاجة أو عدم حاجة هذا الكائن لتلك العمليات بالجسم . ويجب ألا نغفل أن الجهاز العصبى ما هو إلا عامل من العوامل المنظمة للعمليات الفسيولوجية بالجسم ، حيث أن هناك عدة عوامل منظمة لأى عملية . ولكن الجهاز العصبى يعد من أسرع العوامل المنظمة حيث يمكنه استقبال الإشارات العصبية الناتجة من المؤثرات البيئية الداخلية أو الخارجية والرد على تلك الإشارات فى أقل من الثانية . وهذا بعكس العوامل المنظمة الأخرى مثل الهرمونات التى تحتاج لوقت أطول نسبيا . وذلك لأن الإشارات العصبية تنقل خلال الألياف العصبية بسرعة قد تزيد عن ١٠٠ متر / ثانية . أى أن الإشارة العصبية تستقبل ويرد عليها فى خلال مدة تقدر بأجزاء من الثانية فى حين أن التنظيم الهرمونى الذى يلزم لإدائه تركيز هرمونى معين بالدم لابد من إفرازه ثم يسير بالدم نحو العضو الهدف مما يجعل الوقت اللازم لتأثيره يتراوح من عدة دقائق لعدة أيام . وعلى ذلك فإن الوظائف التى تحتاج لتنظيم سريع (السمع - الرؤية - الشم - حركة العضلات) تقع تحت تأثير الجهاز العصبى بينما الوظائف التى لا تحتاج لمرعة فى التنظيم (تنظيم محتوى الماء والأملاح - تنظيم سرعة التناثر والنمو) فتقع تحت التنظيم الهرمونى والذى بدوره يخضع جزئيا للتنظيم العصبى .

الأنسجة العصبية Nervous tissues

الأنسجة العصبية هى المسئولة عن استقبال المنبهات المختلفة التى تقع على الجسم من البيئة الخارجية أو تلك التى تتولد داخل الجسم . وهى تتركب من الخلايا العصبية Nerve cells التى يربطها ويدعمها نسيج ضام عصبى Neuroglia .

الخلية العصبية Nerve cell تتركب من جسم الخلية Cell body (cyton) وهو غير منظم الشكل وتقع به النواة ، كما توجد بالميتوبلازم حبيبات نسل Nissl bodies ذات الشكل المستطيل وعددها يشير لحيوية الخلية إذ أنها تتداعى فى الخلايا المريضة ويعتقد بأن

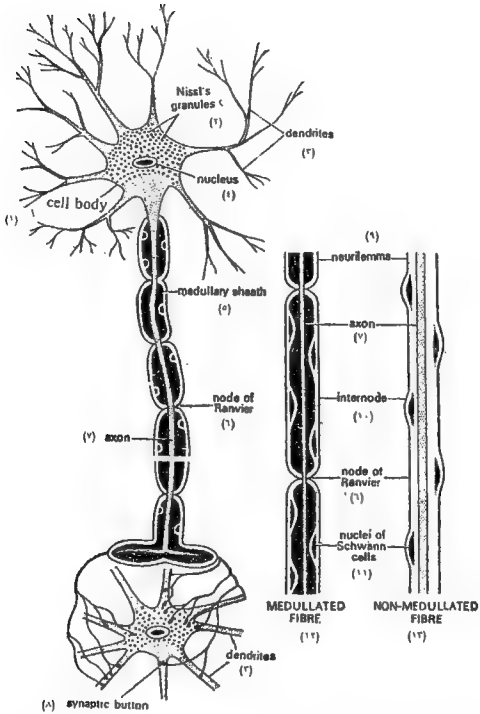
دورها تخليق البروتينات المنظمة لنشاط الخلية العصبية . كما أن الخلية تحوى مكونات أخرى مثل الشبكة الانوبلازمية وأجسام جولجي والميتوكوندريا والليفات العصبية Neurofibrils وغيرها من المكونات الخلوية . ويبرز من جسم الخلية زوائد عصبية Nerve processes هي الزوائد الشجرية Dendrites والمحور الاسطوانى Axon (شكل ٩ - ١) .

الزوائد الشجرية هي عبارة عن الزوائد القصيرة المتفرعة من جسم الخلية العصبية وقد يكون عددها واحد أو أكثر ووظيفتها نقل الإشارة العصبية في اتجاه جسم الخلية ونهاياتها قريبة من جسم الخلية ولذلك فهي لا تدخل في تركيب الألياف العصبية .

المحور الاسطوانى عبارة عن زائدة سيتوبلازمية طويلة مغطاه بالغشاء الخلوى ويخرج من جسم الخلية محور واحد طويل ذو شكل إسطوانى تتفرع نهايته البعيدة مكونة أفرع أو أقدام تسمى بالاستطالات الطرفية Telodendria تتصل بالعضلات أو الخلايا العصبية الأخرى . ويخترق سيتوبلازم المحور خيوط الليفات العصبية Neurofibrils والتي تنشأ من الخيوط الموجودة بجسم الخلية . ومعظم المحاور الاسطوانية لها غلافان هما الغلاف النخاعى أو الميلىنى Medullary or Myelin sheath والغلاف العصبى Neurolemma . الغلاف النخاعى أبيض اللون لاحتواءه على الدهون وغير مستمر ، إذ أنه توجد اختناقات دائرية (نقط عارية) على مسافات منه تعرف بعقد رانفير Node of Ranvier والتي عندها يحدث نقل الإشارات العصبية . الغلاف العصبى أو ما يعرف بغمد شوان Schwann sheath فهو غلاف رقيق جدا يوجد خارج الغلاف النخاعى ويلامس الليفة العصبية عند عقد رانفير (شكل ٩ - ١) . ومعظم الألياف العصبية الدماغية والشوكية يوجد بها الغلافين وتسمى مثل هذه الألياف بالليفة النخاعية أو الميلىنية Medullated or Myelinated n.f. أما الألياف العصبية السمبثاوية بعد العقدية فلا يوجد بها الغلاف النخاعى وتسمى بالليفة العارية Non-medullated or Non-myelinated n.f. .

جسم الخلايا العصبية يوجد فى المادة الرمادية بالمخ والحبل الشوكى والعقد العصبية . ويبلغ عددها فى الجهاز العصبى المركزى نحو ١٢ بليون فى الإنسان و٤ بليون فى الحيوانات (الماشية والخيول) .

تركيبيا تنقسم الخلايا العصبية على حسب عدد المحاور التى بها إلى ثلاثة أنواع خلايا وحيدة المحور Unipolar ويخرج منها محور واحد غالبا ما يتفرع لفرعين أو أكثر وهى توجد بالجذور الخلفية للأعصاب الشوكية وفى جذور بعض الأعصاب الدماغية مثل العصب التوأمى ، السانى البلعومى والتائه . النوع الثانى الخلايا العصبية ثنائية



شكل ٩ - ١ : يوضح التركيب العام للخلاية العصبية وكيفية اتصالها بواسطة الاقتران العصبى بخلاية أخرى .
وفي الجانب يظهر تركيب الألياف العصبية
(عن فيرما وآخرون)

(١) جسم الخلية (٢) اجسام سل (٣) رولاند شجرية (٤) مواد (٥) غلاف سماعي (٦) عقد رايفير (٧) اكسون (٨) عقد الانشطار العصبى (٩) غلاف عصبى (١٠) عقد داخلية (١١) ثوربه خلايا شولى (١٢) لية بخاخيه (١٣) لية عاربه

المحاور Dipolar ويخرج من جسمها زائدتان واحدة شجرية والأخرى محور . النوع الثالث هو الخلايا عديدة المحاور أو الزوائد Multipolar (شكل ٩ - ٢) ويخرج من جسمها العديد من الزوائد الشجرية ولكن لها محور واحد .

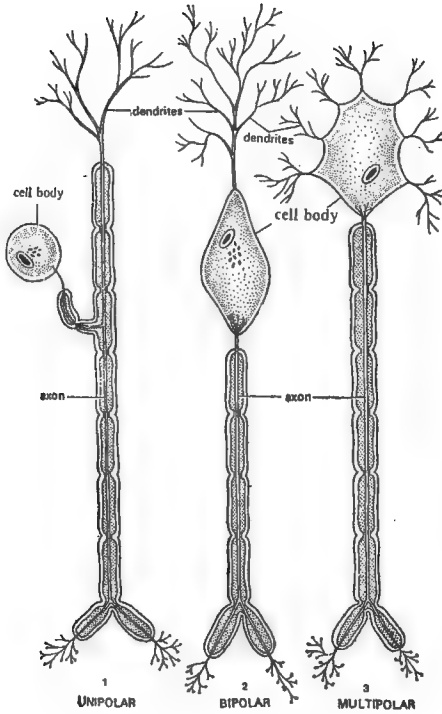
والخلايا العصبية تقسم أيضا على حسب وظيفتها إلى خلية حسية Sensory neuron وهى التى تتصل بالمستقبلات العصبية التى تتسلم المنبهات العصبية من الخارج أو الداخل كذلك الموجودة بالجسد أو أعضاء الحس ، و خلية محركة Motor neuron وهى التى تتصل بأعضاء الاستجابة كالعضلات والغدد . وفى العادة تتوسط بين الخليتين العصبيتين الحسية والمحركة خلية بينية Intermediate neuron .

محاور الخلايا العصبية قد توجد منفردة فى أنسجة الحيوان أو تتجمع مع بعضها فى صورة حزم محاطة بأغلفة لتكون الأعصاب Nerves . هذه الأعصاب تنقسم إلى نوعين حسب إتجاه نقلها للإشارات العصبية هما الألياف الواردة أو الصادرة . الألياف الواردة Afferent (sensory) nerves وهى التى تنقل الإشارات العصبية من المستقبل للجهاز العصبى المركزى . الخلايا التى تنشأ منها هذه الألياف توجد بالعقد العصبية الموجودة خارج المخ أو الحبل الشوكى ولكنها ليست بعيدة عنها . الألياف الصادرة Efferent (motor) nerves وهى تقوم بنقل الإشارات العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى أعضاء الاستجابة . والخلايا التى تنشأ منها هذه الألياف موجودة بالمادة الرمادية للجهاز العصبى أو بالعقد العصبية للجهاز العصبى الذاتى .

الخلايا الدعامية Neuroglia

عبارة عن خلايا متعددة الزوائد تدعم الخلايا العصبية وتغنيها كما أن لها دور فى عمليات التجدد التى تعقب الجروح والأمراض وليس لها وظيفة عصبية . وهى تتوافر بكثرة بالجهاز العصبى حيث يفوق عددها عند الخلايا العصبية بنسبة ١٠ : ١ وقد يصل حجمها إلى نصف حجم المخ تقريبا . ويوجد عدة أنواع من الخلايا الدعامية تختلف حسب مكان وجودها بالجهاز العصبى :

- ١ - خلايا الإبنديما Ependyma خلايا مهدبة تبطن تجاويف الجهاز العصبى .
- ٢ - الخلايا النجمية Astrocytes تكون شبكة دعامية تلتصق بالوعية الدموية .
- ٣ - الخلايا قليلة المحاور Oligodendrocytes تكون الغلاف الميلينى المحيط بمحاور الأعصاب .



شكل ٩ - ٢ : رسم توضيحي لبعض أنواع الخلايا العصبية
 ١ - وحيدة المحور ، ٢ - ثنائية المحاور ، ٣ - عديدة المحاور
 (عن فيرما وآخرون)

- ٤ - الخلايا الصغيرة Microglia خلايا صغيرة وظيفتها التهامية .
٥ - خلايا شوان Schwann cells تكون غلاف عصبى يحيط بالألياف العصبية .

الإقترانات العصبية Synapses

يتفرع محور الخلايا العصبية إلى أفرع كثيرة عند إقترابه من جسم خلية عصبية أخرى تسمى بالاستطالات الطرفية والتي تنتضخ نهايتها مكونة عقد Button or Knob تحوى حويصلات الناقل العصبى . هذه العقد قد تلامس جسم الخلية أو الزوائد الشجرية أو محور الخلية العصبية التالية (شكل ٩ - ١) . وتسمى نقط اتصال نهاية فروع محور خلية بخلية أخرى بالنشابك أو الإقتران العصبى وعادة ما يوجد بين الأثنين شق أو فجوة تشابكية Cleft قطرها نحو ٢٠ نانومتر تنتشر إليها الناقلات العصبية Neurotransmitters التى تعمل على نقل الإشارات العصبية .

المستقبلات العصبية Nerve Receptors

هى عبارة عن أنسجة عصبية خاصة حساسة لتغيرات البيئة الخارجية والداخلية وتقوم بتحويل هذه التغيرات (المؤثرات) إلى نبضات عصبية كما أنها تصنف حسب المؤثرات فيستجيب بعضها للضوء والآخر للحرارة وهكذا . التركيب التشريحي للمستقبلات مختلف فقد يكون عبارة عن نهايات متحورة للأعصاب الحسية أو تتكون من نسيج طلائى متحور (مثل مستقبلات الشم والتذوق) يتصل بنهايات العصب الداخلى Afferent nerve (شكل ٩ - ٣) . وتنقسم المستقبلات تبعاً لموقعها إلى قسمين :

١ - مستقبلات خاصة بالمنبهات التى تنشأ خارج الجسم فى البيئة الخارجية وتسمى مستقبلات خارجية Exteroceptors . ويشمل هذا النوع المستقبلات الخاصة باللمس والحرارة والألم وكذلك المستقبلات الخاصة مثل السمع والنظر وهى موجودة على السطح الخارجى للجسم .

٢ - مستقبلات خاصة بالمنبهات التى تنشأ داخل الجسم وتعرف بالمستقبلات الداخلية Interoceptors . وهى توجد بالأعضاء الداخلية والقلب الأوعية الدموية والمثانة . وتتأثر بتغير النشاط أو حالة الأعضاء الداخلية وضغط الدم وسوائل الجسم وتركيبها كما توجد فى العضلات والأوتار المفاصل وتعرف بمستقبلات الحس الخاصة Proprioceptors . وهى تحس بتغير توتر العضلات وتعطى الكائن إحساسه

بموقع جسمه .

كما أن المستقبلات العصبية تقسم تبعاً لطبيعة ونوع المؤثر فتوجد المستقبلات الميكانيكية Mechanoreceptors التي تتأثر بالضغط أو اللمس ، المستقبلات الحرارية Thermoreceptors التي تتأثر بتغير حرارة البيئة ، المستقبلات الكيماوية Chemoreceptors وتتأثر بالمركبات الكيماوية المختلفة مثل مستقبلات الطعم والرائحة ، المستقبلات الضوئية Photoreceptors وتتأثر بشدة وطول موجة الضوء وتوجد بالعين ومستقبلات الألم Pain receptors التي توجد بالجلد أو بالأعضاء الداخلية .

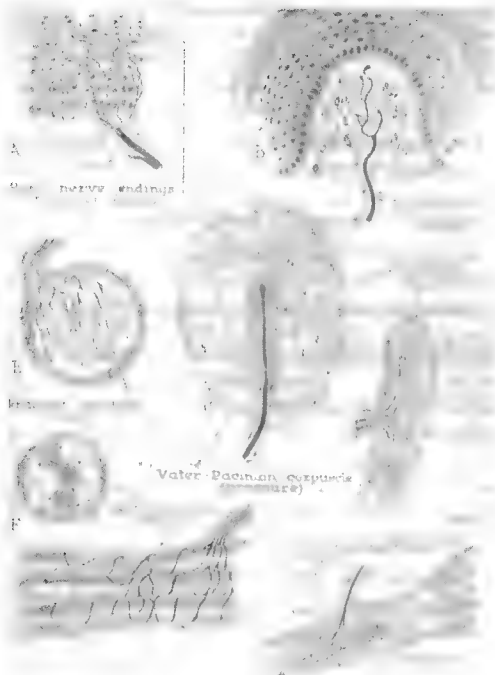
طبيعة الإشارة العصبية

Nature of Nerve impulse

بدء وانتقال الإشارة العصبية Initiation and conduction of nerve impulse

إذا نهبت ليفة عصبية بقوة معينة فإنها تنتهيج Excitation ثم يحدث انتقال عبارة عن تغير طبيعي كيماوى يعرف بالإشارة العصبية Nerve impulse . وتنتقل الإشارة العصبية ذاتياً أى أنها تولد الطاقة اللازمة لانتقالها من الليفة العصبية نفسها . ويمكن تشبيه عملية نقل الإشارات العصبية على الاكسونات بعملية نقل الإشارات الكهربائية والتفونية على الأسلاك . ففى معظم الأجهزة الكهربائية يلزم مصدر للتيار الكهربائى يتصل بأطراف الأسلاك . أما فى حالة النهايات العصبية فإن التيار الكهربائى يولد حولها نتيجة حدوث تغيرات فى الظروف البيئية ينتج عنها توليد شحنة كهربائية حول غشاء الخلية العصبية تنتقل على الغشاء البلازمى بنفس كيفية انتقال التيار الكهربائى على السلك .

ينتج عن تغير الظروف البيئية الطبيعية أو الكيماوية أو الكهربائية لنهاية العصب توليد الشحنة الكهربائية التى ينتج عنها التنبيه العصبى . ولكى ينتج عن التغير فى الظروف البيئية شحنة كهربائية أو تنبيه للنهايات العصبية فإنه يجب أن تصل كمية التغير البنى لحد العتبة Threshold . أى أنه يلزم حد أدنى من التغير لإنتاج الشحنة الكهربائية وأى تغير ببنى أقل من هذا الحد الأدنى لا ينتج عنه إنتاج شحنة كهربائية على الاكسون وبالتالي لن ينتج عنه تنبيه عصبى وهذا ما يسمى بقاعدة الكل أو العدم All or None rule . ويقدر هذا الحد الأدنى بحوالى ١٥ - ٢٠ مللى فولت على الأقل . أما أى تغير ينتج عنه أكثر من هذا الحد الأدنى فإنه يحدث التنبيه العصبى وتتسماوى درجات التنبيه



شكل ٣.٩ : بعض أنواع المستقبلات العصبية الموجودة على سطح جسم الحيوان وداخله . A - مستقبلات الألم
 بقرنية العين ، B - مستقبلات اللمس ، C - مستقبلات الضغط ، D - مستقبلات الحرارة ، E - مستقبلات البرد ، F -
 مستقبلات عضلية ، G - مستقبلات بالأوتار
 (عن فرانكسون)

العصبى الناتجة عن شحنة كهربائية أعلى من ٢٠ مللى فولت . أى أن مقدار التنبيه العصبى لا يتناسب طرديا مع قوة الشحنة الكهربائية الناتجة إذ أنها عملية إما أن تحدث أو لا تحدث .

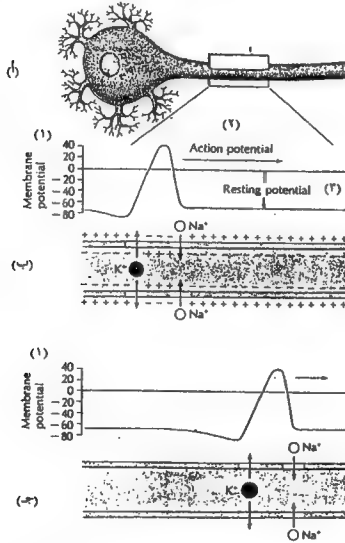
يحدث التنبيه العصبى فى الكائن الحى عادة نتيجة لعدة أنواع من المنبهات مثل تغير الضغط الاسموزى أو الحموضة أو الضغط الجوى أو الحرارى أو للضوء والحرارة والجاذبية الأرضية . هذا التغير أو التنبيه عبارة عن نوع من أنواع الطاقة التى تجعل البروتوبلازم يستجيب للتنبيه . وعادة فإن خلايا الجسم تتميز بوجود تركيز عال من البوتاسيوم والانيونات العضوية الكبيرة (البروتينات والأحماض النووية) بداخلها وبتركيز عالى من الصوديوم والكالسيوم خارجها . ولذلك نجد أن الشحنات الكهربائية الموجبة توجد خارج الخلية والشحنات السالبة داخلها . وتقاوم الخلية إرتفاع تركيز الصوديوم داخلها حيث يقوم نظام النقل النشط بطرد الزائد من الصوديوم من داخل الخلية لخارجها بحيث يحفظ إرتفاع تركيز البوتاسيوم داخل الخلية والصوديوم خارجها . وتبلغ قيمة فرق الجهد الكهربائى بين داخل وخارج الخلية عند الراحة Resting Potential نحو - ٧٠ مللى فولت حيث تكون الخلية فى حالة استقطاب polarized (شكل ٤ - ٩) .

حدث التغيرات البيئية ينجم عنه شحنة كهربائية كيميائية حول نهاية العصب فى منطقة التغير أو التنبيه . تدخل الشحنات الكهربائية للخلية وتعادل الشحنة الكهربائية الموجودة على الغشاء البلازمى فى تلك المنطقة وبذلك لا يكون لهذه الشحنة المتعادلة أى قوة فى منع دخول الصوديوم وخروج البوتاسيوم فى تلك المنطقة . وتسمى هذه العملية إزالة الشحنة الكهربائية أو إزالة استقطاب الخلية Depolarization وتتم بسرعة وينجم عنها ما يسمى بإنتاج فعل الجهد Action potential والذى فيه تنعكس صورة الشحنة الكهربائية على الغشاء بتلك المنطقة بحيث تصبح سالبة من الخارج وموجبة من الداخل ويصبح جهد الغشاء عند قمته Spike potential فيكون نحو + ٣٠ مللى فولت والذى يسمى النبضة أو الإشارة العصبية .

بعد حدوث حالة التغير السابق شرحها فى منطقة التنبيه العصبى تنتقل الشحنة الكهربائية الجديدة المكونة على السطح الداخلى والخارجى للاكسون بأن يحدث تعادل بين الشحنات الكهربائية الجديدة والقديمة على أسطح الغشاء البلازمى بحيث تسير الشحنة الجديدة فى إتجاه سير التنبيه العصبى المطلوب . ويمكن تشبيه عملية انتقال الشحنة هذه بفقاعة هوائية تسير داخل أنبوبة زجاجية مملوءة بالماء . بعد مرور الشحنة الكهربائية من كل منطقة على الاكسون يعود ثانية لحالته الطبيعية بأن يتم نقل الصوديوم

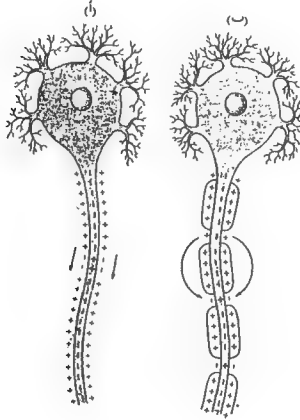
الموجود داخل الخلية نقلا نشطا لخارج الخلية كي يعود التركيب الكيماوى للسيتوبلازم فى تلك المنطقة لحالته الطبيعية (شكل ٩ - ٤) وتعود الخلية لحالة الاستقطاب . Repolarization ويعود جهد النشاط لحالته Negative after potential .

ويحدث هذا النوع من النقل المستمر Continuous conduction على الليفات العصبية العارية أو عديمة الميلين Non-myelinated fiber حيث ستمر النقل خلال غشاء الخلية



شكل ٩ - ٤ : بدأ والتقال الإشارة العصبية حيث تبدأ الإشارة داخل الخلية (أ) وتسير لليمين . ويتضح فى الجزء (ب) التغير فى الجهد الكهربائى للفشاء عند نقل الإشارة والتغيرات المصاحبة فى تركيز الصوديوم والبوتاسيوم (ج) حول الفشاء ١ - فرق جهد الفشاء ٢٠ - فرق الجهد للفعال ٣٠ - فرق الجهد عند الراحة (عن هيكلين وآخرون)

كله . أما فى الليفات العصبية المحاطة بغلاف ميلينى Myelinated fiber فإن نقص الاستقطاب وتدفق التيار الكهربائى يحدث فقط عند عقد رانفير والتى تبعد عن بعضها عدة ملليمترات ، وعلى ذلك فإن التيار يقفز من قطعة لأخرى على طول الليفة العصبية ولذلك يسمى هذا النوع من نقل السيال العصبي النقل بالقفز Saltatory conduction (شكل ٩ - ٥) ، وهو يحدث بسرعة أكبر عن النقل المستمر .



شكل ٩ - ٥ : نقل الإشارات العصبية خلال الليفة العصبية العارية
(أ) والليفة المغلفة بغلاف نخاعى (ب) .
(عن هيكرمان وآخرون)

تسير التنبهات العصبية على الاكسونات فى الخلية العادية فى إتجاه واحد فقط فأعصاب الحس تنقل الإحساس من المستقبلات للجهاز العصبى المركزى أما أعصاب الحركة فهى تسير من الجهاز العصبى إلى العضلات . إلا أنه فى الظروف المعملية يمكن نقل الإشارات الكهربائيه على العصب فى كلا الإتجاهين وذلك عند قطع عصب

وتوصيله ببطارية جافة . وتسير الشحنات الكهربائية على الألياف العصبية بسرعة عالية تصل لأكثر من ١٠٠ متر / ثانية . وكلما زاد قطر العصب زادت سرعة التوصيل وهذا النوع من الأعصاب يوجد في الحيوانات حيث تتطلب سرعة التوصيل التنبيه لأداء وظيفة معينة. وتقدر سرعة نقل الإشارات العصبية في الحيوانات بحوالى ٣٠ - ١٢٠ متر / ثانية في الثدييات ، ٥٠ - ٦٠ متر / ثانية في الأسماك ٩ - ١٢ متر / ثانية في الصرصار ، ٧ متر / ثانية في دورة الأرض .

انتقال الإشارات العصبية للعضلات وبين الخلايا العصبية

عند إلتقاء الاكسون بالعضلات فإن نهاية الاكسون تتفرع إلى زوائد عصبية دقيقة تتصل كل زائدة بخلية عضلية (أو ليفية عضلية) بواسطة ما يسمى بالصفيفة العصبية End Plate والتي تفرز مادة الاستيل كولين Acetyl choline عند تنبيه العصب للخلية العصبية . وهذه المادة تعمل كمادة ناقلة عصبية حيث تحدث شحنة كهربائية على الليفة العضلية مما يؤدي لحدوث حالة إزالة الاستقطاب Depolarization مشابهة لما سبق ذكره في الأعصاب وبالتالي تنتقل الليفة . إذا استمر وجود مادة الاستيل كولين فإن الليفة تستمر في عملية النقل ولذلك فإنها تتفكك مباشرة عقب كل عملية تنبيه نتيجة إفراز الصفيفة العصبية لأنزيم الاستيل كولين استراز Acetylcholine esterase الذى يحلل هذه المادة .

عند اتصال الصفيفة العصبية بجسم خلية عصبية أخرى عند الإقتران العصبى فإن إفرازها لمادة الاستيل كولين عند وجود إشارة عصبية يتيح استمرار سير الإشارة ونقلها للخلية العصبية الثانية بنفس الطريقة السابق ذكرها مما يسمح بمرور الإشارة العصبية فى اتجاه واحد . وتشير الأدلة إلى أن جميع الإقترانات العصبية التى بالجهاز العصبى الذاتى (بما فيها الجهاز السمبثاوى) تعتمد على الاستيل كولين كناقل عصبى ولكن الناقل العصبى فى الأطراف للجهاز العصبى السمبثاوى هى النورادرينالين والادرينالين .

فى الجهاز العصبى المركزى CNS فإن الاستيل كولين لا يلعب نفس الدور المذكور فى النقل كما عند الإقتران العصبى . ولا يعرف تماما المادة الرئيسية التى تعمل كوسيط فى الجهاز العصبى المركزى حيث توجد مواد عديدة تحتوى على النيتروجين تسمى الامينات Amins يحويها الجهاز العصبى المركزى بتركيزات عالية ولها تأثيرات فسيولوجية . وواحد من هذه المركبات هو حمض الجاما أمينوبوتريك (GABA) والذى يبدو أن تأثيره منبسط أكثر عماله من تأثير منبه . وتوجد مواد عديدة مثل السيروتونين

والميلتونين تقوم بتأثيرات معينة بالجهاز المركزي ويعتقد بأن الوظيفة الطبيعية للجهاز العصبي المركزي ربما تعتمد على عدة مواد بسيطة بعضها ذو أثر منه والآخر مثبط .

الفعل الانعكاسي Reflex action

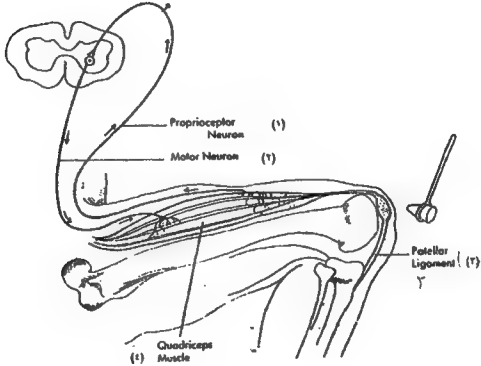
تنشأ أو تفاعل العضو المتأثر بواسطة الجهاز العصبي المركزي يطلق عليه الفعل الانعكاسي، وهو يعتبر الوحدة الوظيفية للجهاز العصبي ويتم عن طريقه ربط البيئة الخارجية للجسم بجميع أجزائه وكذلك ربط جميع أعضاء الجسم ببعضها البعض . ويقصد بالفعل الانعكاس العصبي Reflex action جميع العمليات التي تحدث داخل جسم الكائن الحي والتي تنشأ كرد فعل ذاتي (لا إرادي) إستجابة لفعل مؤثر ما ويشترك فيها الجهاز العصبي المركزي . ويسمى الطريق الذي تمر منه النبضات العصبية بالقوس الانعكاسي Reflex arc ويبدأ من المستقبل وينتهي بالعضو الذي سيقوم بالرد على المؤثر (عضلات أو غدد) ويشمل ذلك الطريق خليتين عصبيتين على الأقل ولكن عادة ما يتألف من ثلاثة خلايا وهي :

- ١ - خلية حسية Sensory or afferent neuron .
- ٢ - خلية متأثرة أو محركة Motor or efferent neuron .
- ٣ - خلية وسطى Interneuron .

ويعتبر رد الفعل عمل لا إرادي فالأعمال الإرادية لا تتخل ضمن رد الفعل ولكن أساس النظام العصبي في إنتاج كلا الحالتين واحد . ورغم أن رد الفعل يحدث لا إراديا إلا أن كثيرا منه يكون مصحوب أو يتبعه تفاعل شعوري فمثلا إذا لامس الجلد جسم ساخن فإن العضو وليكن الساق تستجيب لرد الفعل غير أن الحيوان يشعر بالألم لوصول الإشارة العصبية لمستويات أعلى بالجهاز العصبي .

وينقسم رد الفعل إلى نوعين أولهما رد الفعل غير الشرطي Unconditioned reflex ويشمل رد الفعل الذي يولد به الحيوان وينتقل بالوراثة ويظهر الكثير منه بعد الولادة مباشرة مثل إفراز اللعاب انعكاسيا بمجرد أن يدخل اللين فم الحيوان الرضع أو انتفاض الركبة عند طرق روابط الركبة بطريقة (شكل ٩ - ٦) المسمى بردالفعل الفارد Stretch reflex . النوع الثاني رد الفعل الشرطي Conditioned reflex ويشمل كل رد فعل مكتسب بواسطة الفرد أثناء حياته وسماه عالم الفسيولوجي بافلوف Pavlov بذلك لأنه يتوقف على كثير من الشروط ويمكن إعتباره عادة ومن أمثلة ذلك إفراز اللعاب عند رؤية الطعام . ومن المعروف أن وجود الطعام في فم الكلب يسبب إفراز اللعاب وهذا يعتبر رد فعل

غير شرطى ولكن بأكملال تكوين الكلب فإنه يكتسب رد الفعل الذى يسبب إفراز اللعاب إذا رأى وشم رائحة الطعام المألوف له إذا كان جائعا وهذا يعرف برد الفعل الشرطى الطبيعى Natural conditioned reflex . ولا يمكن للحيوانات آكلة العشب اكتساب رد الفعل الشرطى الخاص بإفراز اللعاب . وإذا تم عمل حدث معين كرنين جرس أو إضاءة لمبة كهربائية أثناء تقديم الطعام للكلب واستمر هذا لفترة يأتى الوقت الذى عنده يحدث إفراز لللعاب بمجرد سماع الصوت وحدة وبدون طعام وهذا يسمى برد الفعل الشرطى التجريبي أو المكتسب Experimental (acquired) cond. Reflex . والأفعال الانعكاسية المشروطة كما ذكر العالم بافلوف عبارة عن وسائل تنظيمية يستطيع الكائن الحى عن طريقها أن يتكيف مع ظروف البيئة المختلفة .



شكل ٩ - ٦ : يوضح رد فعل الانقباض الركبية عند طرق روابط عظام رأس الركبة بمطرقة حيث تمر النبضة العصبية الناقمة عن الطرق عند الألياف العصبية إلى الحبل الشوكى الذى يورد عليها بواسطة العصب المحرك (عن فرالفسون)

(١) خلية مستقبلة (٢) خلية محرك (٣) رباط رأس عظمة الركبة (٤) العضلة رابعة الفؤوس

عند حدوث أى تغيير فى البيئة الخارجية أو الداخلية ينتقل الإحساس بذلك التغيير من مستقبلات الجسم المختلفة ويوجه إلى عدة مراكز عصبية ثم يحدث رد فعل من أحد مستويات الجهاز العصبى أو من أكثر من مستوى وهى :

- ١ - مستوى الحبل الشوكى Spinal reflex فعند تنبيه المستقبلات العصبية بالأعضاء قد يحدث رد فعل من المراكز العصبية بالحبل الشوكى أو تنتقل الإشارات إلى أعلى حيث يوجد مركز تنظيم الجهاز الهضمى بالنخاع المستطيل وكذلك من أمثلة ردود الأفعال التى تحدث على مستوى الحبل الشوكى شد عضلات الركبة (شكل ٩-٦) .
- ٢ - مستوى النخاع المستطيل وقاعدة المخ حيث تؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون بالدم لانتقال التنبيه العصبى من المستقبلات الموجودة بالأوعية الدموية بمراكز تنظيم ضربات القلب والتنفس بالنخاع المستطيل فتنبهها كما أن مراكز الكحه والترجيع والعطش توجد بالنخاع المستطيل أما إنعكاسات المشى فتوجد بالمخيخ .
- ٣ - مستوى الهيبوثلاماس الذى يعتبر المركز الأعلى للتنظيم الذاتى والمسئول عن التوافق الزمنى والعملى لنشاط أجهزة الجسم .
- ٤ - مستوى قشرة المخ والذى يحتوى على مراكز الذاكرة وتنظيم النشاط الفسيولوجى للجسم ويمكن عن طريق القشرة ربط وتنظيم عمل جميع المراكز العصبية الأخرى ويجعلها تعمل كوحدة واحدة .

تركيب الجهاز العصبى . Organization of N.S.

يتتركب الجهاز العصبى فى الفقاريات من قسمين رئيسين هما الجهاز العصبى المركزى Central Nervous system (CNS) ويشمل الدماغ Brain والحبل الشوكى Spinal cord . والقسم الآخر هو الجهاز العصبى الطرفى Peripheral Nervous system (PNS) ويشمل الأعصاب الدماغية والأعصاب الشوكية والجزوع العصبية التى هى عبارة عن تجمعات للمحاور وتجمعات أجسام الخلايا العصبية التى تسمى بالعقد Ganglions التى توجد خارج المخ والحبل الشوكى .

أولاً : الجهاز العصبى المركزى

يتكون من الدماغ والحبل الشوكى ويحتوى على المادة الرمادية Gray matter التى تتكون من أجسام الخلايا العصبية وزوائد القصيرة ويدعمها النسيج الضام العصبى

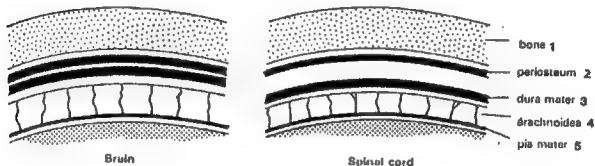
Neuroglia . كذلك يحتوى على المادة البيضاء White matter التى تتكون من الألياف العصبية الداخلة والخارجة من الخلايا العصبية وتحتوى جزء بسيط من النسيج الضام .

ويحيط بالمخ والحبل الشوكى غلاف يتكون من ثلاثة أغشية Meninges (شكل ٩ - ٧) هى من الداخل للخارج :

١ - الام الحنون Pia matter وهو غشاء رقيق غنى بالأوعية الدموية ويلصق أنسجة الدماغ مباشرة .

٢ - الام العنكبوتية Arachnoid يلى الام الحنون وهو غشاء عضلى شفاف . المسافة بين الغشاء العنكبوتى والام الحنون تحتوى على السائل المخى النخاعى الذى يقى المخ من الاحتكاك بالعظام .

٣ - الام الجافية Dura matter وهو غشاء ليفى متصل بجدار الجمجمة وقناة العمود الفقرى .



شكل ٩ - ٧ : الأغشية المحيطة بالمخ والحبل الشوكى .
١ - العظام ٢ - السمحاق ٣ - الام الجافية ٤ - العنكبوتية ٥ - الام الحنون
(عن هيث وأويسانيا)

أ - الدماغ (The Brain (Encephalon & Cerebrum)

الدماغ عبارة عن الجزء المنتفخ للطرف العلوى للحبل الشوكى ويوجد داخل عظام الجمجمة . ويبلغ متوسط وزن الدماغ فى الإنسان البالغ نحو ١٣٥٠ جم وهو يقل فى

الإناث عن الذكور بنحو ١٠٪ نظرا لأن وزن الإناث أقل من وزن الذكور . ومخ جميع الحيوانات (ماعدا الثدييات) أقل نسبيا عن الإنسان إذ يبلغ وزن مخ الخيل ٦٥٠ جم والماشية نحو ٥٠٠ جم والأغنام نحو ٣٥٠ جم .

ومن الناحية التشريحية فإن الدماغ يقسم إلى ثلاثة أجزاء هي ساق الدماغ Brainstem والمخيخ Cerebellum والنصفين الكرويين (المخ) Cerebrum . ويقع ساق الدماغ فى الجانب البطنى للمخ ويتكون من امتداد رأس الحبل الشوكى ويضم النخاع المستطيل وقناة فارولى والدماغ الأوسط والبنى . (شكل ٩ - ٨ ، ٩) . على أنه عادة ما يقسم الدماغ للأقسام التالية :

- ١ - النخاع المستطيل (Myelencephalon) Medulla oblongata .
- ٢ - الدماغ الخلفى (Metaencephalon) Hind Brain .
- ٣ - الدماغ المتوسط (Mesencephalon) Mid Brain .
- ٤ - الدماغ البينى (Diencephalon) Between Brain ويضم المهاد (الثلاما) وتحت المهاد (الهيبوثلاما) .
- ٥ - الدماغ الأمامى (Fore Brain (Telencephalon والنصفين الكرويين (المخ) Cerebral Hemispheres وقد يطلق عليه نهاية الدماغ End Brain .

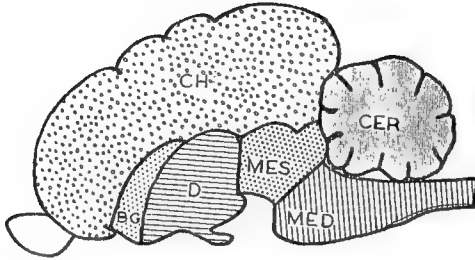
١ - النخاع المستطيل Medulla oblongata

عبارة عن الجزء الخلفى للدماغ . ويقع أمام الحبل الشوكى مباشرة حيث يعتبر بداية له . ويختلف فى تركيبه عن المخ والمخيخ فى أن المادة الرمادية توجد فى الداخل والمادة البيضاء فى الخارج . وبمرور الألياف العصبية الآتية من المخ للخلف تمر فى ضفائير تتقاطع مع بعضها البعض فى اتجاه مضاد بحيث لو حدثت إصابة فى المنطقة اليمنى من المخ فإن التأثير العصبى يكون فى المنطقة اليسرى من الجسم .

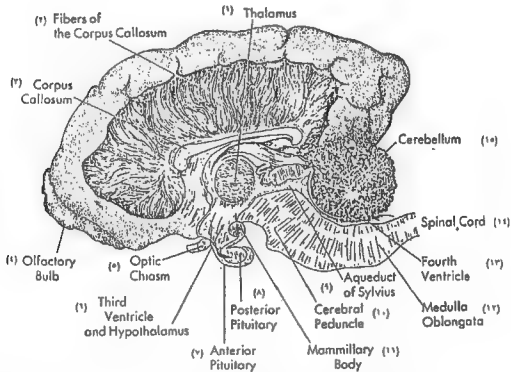
ويوجد بالنخاع الشوكى كثير من المراكز العصبية التى تنظم عمليات حيوية هامة بالجسم مثل تنظيم حركة التنفس وضربات القلب وإفراز اللعاب والعصارة المعدية وحركات المريء والمعدة والأمعاء أى الأحشاء الداخلية .

٢ - الدماغ الخلفى Metaencephalon

ويشمل المخيخ وقنطرة فارولى . ويوجد المخيخ Cerebellum فوق النخاع المستطيل ويتكون من نصفين كرويين بينهما جزء وسطى . الطبقة السطحية هى التى تحتوى



شكل ٩ - ٨ : رسم توضيحي لأجزاء مخ الثدييات CH - النصفين الكرويين ، BG - العقد القاعدية ، D - الدماغ الأمامي ، MES - الدماغ المتوسط ، CER - المخيخ و MED - النخاع المستطيل (عن فرانسون)



شكل ٩ - ٩ : رسم توضيحي لأجزاء الدماغ موضعا فيه مواقع الأجزاء الداخلية للدماغ

(١) المخ (٢) أنف المخ (٣) الجسم القاعى (٤) الجسم القاعى (٥) القناة البصرية (٦) البطين الثالث وتحت المخ (٧) الغدة الأمامية (٨) الغدة الخلفية (٩) قناة سيلفوس (١٠) السويقات المخية (١١) الأقسام الحلقية (١٢) المخ المستطيل (١٣) البطين الرابع (١٤) الحبل الشوكى (١٥) المخيخ

أجسام الخلايا العصبية أما بالداخل فيوجد النسيج الأبيض المحتوى على الألياف العصبية التي تربط النخاع المستطيل بالأجزاء العليا للدماغ . ووظيفة المخيخ هي تنظيم حركة الجسم وحفظ التوازن أما هذه الحركات فمن عمل المخ كما يقوم المخيخ بالتأثير على نشاط الأحشاء الداخلية .

قنطرة فارولسى pons varolli عبارة عن حزمة ضخمة من الألياف العصبية التي تمر عرضيا أمام النخاع المستطيل وتصل جزئى المخيخ على الجانبين ببعضهما . ويوجد بالقنطرة المركز الخاص بقل جفون العين تلقائيا عند وجود الضوء الساطع .

٣ - الدماغ المتوسط Mesencephalon

يوجد أمام المخيخ وقنطرة فارولسى وخلف مقدمة الدماغ Fore brain . وطوله نحو ٢ سم ويتكون من حزمتين تشبه الجزوع من المادة البيضاء التي يطلق عليها المويقات المخية cerebral peduncles التي تحمل الإشارات المارة من وإلى المخ والعبل الشوكى . كما وتمر به قناة مركزية ضيقة cerebral aqueduct تربط بين البطين الرابع (فى النخاع المستطيل) والبطين الثالث (فى تحت المهاد) .

وينتمى له الاجسام الرباعية corpora quadrigemina وهي عبارة عن اربعة ارتفاعات على سطح المخ المتوسط وهي مراكز ما يسمى بالانعكاسات الموجهة مثل تنظيم مجموعة حركات الجسم استجابة للضوء والسمع رغما عن انها ليست مراكز الابصار والسمع حيث يوجد بها مراكز العصبين المخيين الثالث والرابع اللذين يمدا عضلات العين بالاعصاب ... كما ينتمى له النواه الحمراء Red Nucleus والمادة السوداء Substantia nigra وترتبط وظيفتهم بتنظيم درجة توتر العضلات الهيكلية .

٤ - الدماغ البينى (ما بين المخ) Diencephalon

عبارة عن كتلة من المادة الرمادية (أجسام الخلايا العصبية) تقع فوق وأمام الدماغ المتوسط . وتمثل مجموعة من التكوينات العصبية معقدة التركيب تشمل المهاد وتحت المهاد (شكل ٩ - ٩) .

المهاد (الثلاماس) Thalamus :

ويمثل الجزء الرئيسى من الدماغ البينى وهو عبارة عن كتلة من المادة الرمادية تكون الجدران الجانبية والعلوية للبطين الثالث بالدماغ . وهو يضاوى الشكل ويحده من الأمام القبة Fornix والوصلة الأمامية للدماغ Anterior commissure ويحده من الخلف الأجسام

الركبية Geniculate bodies وهى تنتمى للمهاد ، ويوجد أسفله تحت المهاد . ويقوم المهاد بتنظيم وتنسيق الانفعالات وتصنيف الإشارات الحسية الواردة إليه وتوزيعها على المناطق المختلفة من القشرة وتحت المهاد . ويؤدى استئصال المهاد إلى فقد الإحساس بالألم والإحساس عن طريق الجلد والعضلات كما يؤثر بطريق غير مباشر على وظائف الأجهزة المختلفة فى الجسم .

تحت المهاد (الهيبوثلاماس) Hypothalamus :

يقع بجوار المهاد حيث يشغل قاع البطين الثالث وجزءاً من جدرانه الجانبية . وهو يتركب من مجموعة متشابهة من الخلايا العصبية تكون مجموعة من الأنوية المميزة تؤدى كل منها وظائف محددة . ومن أهم أجزاء تحت المهاد الدرة السنجابية Tuber Cinerum والأجسام الحلمية Mammillary bodies وهى تحتوى على المراكز العصبية . ويتصل الجزء الخلفى من الدرة السنجابية بالغدة للنخامية .

تحت المهاد يحتوى على المراكز العصبية المنظمة للتمثيل الغذائى ، فقد واكتساب الحرارة ، ضغط الدم الشريانى ، نشاط القلب وغير ذلك من الوظائف المحركة . كما أنه يقوم بتأثيرات منظمة من خلال تنظيمه لنشاط النخامية وبالتالي الغدة الصماء الأخرى . إتلاف تحت المهاد يتميز بحدوث اضطرابات فى عملية التنظيم الحرارى ، تمثيل البروتين والدهون والكربوهيدرات والأملاح والماء . كما يحدث اضطرابات فى نشاط عديد من الغدد الصماء .

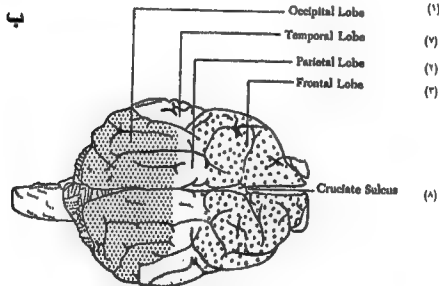
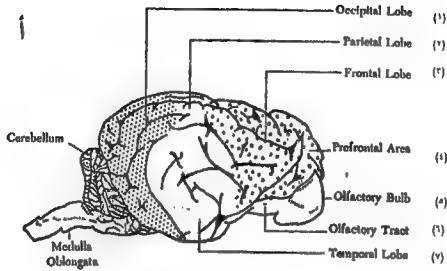
٥ - المخ (النصفين الكرويين) Telencephalon

يشمل المخ النصفين الكرويين Cerebral hemispheres وهما أعلى أجزاء الدماغ والجهاز العصبى المركزى وهما أكبر أجزاءه وتختلط بينهما المادة الرمادية والبيضاء ويقسم لمنطقتين :

(أ) منطقة القشرة Cerebral cortex وتتكون من الخلايا العصبية (مادة رمادية) .

(ب) منطقة تحت القشرة Subcortex تتجمع فيها المادة البيضاء فى شكل حزم تتخللها المادة الرمادية .

وينقسم المخ إلى قسمين جانبيين أيمن وأيسر يفصلهما شق طولى Longitudinal Fissure هذا الفصل يكون تاماً فى الجبهة والمؤخرة ولكن فى المركز يتصل النصفين بواسطة حزمة عريضة من الألياف العصبية تسمى الجسم الجاسى Corpus callosum . ولا يوجد أى اتصال مباشر بينهما وبين الجهاز العصبى الطرفى ولكن يتم الاتصال عن



شكل ٩ - ١٠ : منظر جانبي (أ) وعلوي (ب) للمخ ويوضح فصوص النصفين الكرويين
(من فرانسون)

(١) الفص المؤخري (٢) الفص الجداري (٣) الفص الجبهوي (٤) القسمة قبل الجبهية (٥) الفصيلة الشمية (٦) القنطرة الشمية (٧) الفص الصدغي (٨) الأخدود الصليبي

طريق ساق الدماغ . ويقسم كل من نصفي المخ بواسطة عدة أخاديد Sulcus إلى أربعة فصوص (شكل ٩ - ١٠) هي كالآتي :

١ - الفص الجبهوي Frontal lobe وهو مركز حركة الأقدام ، الذراع ، الرأس ، الشفاه واللسان .

٢ - الفص الجدارى Parital lobe وهو مركز الإحساس .

٣ - الفص الصدغى Temporal lobe وهو مركز السمع .

٤ - الفص المؤخرى Occipital lobe وهو مركز الرؤية .

ويرتبط نشاط خلايا النصفين الكرويين بالظواهر الميكولوجية المعقدة ، الإدراك ، الوعى ، النشاط الذهنى ، الذاكرة والفهم ، وكذلك توجد بهم مراكز الشم وتنظيم وتناسق الحركة كما أنهما يشتركان فى تنظيم وتنسيق عمل جميع المراكز العصبية الأخرى .

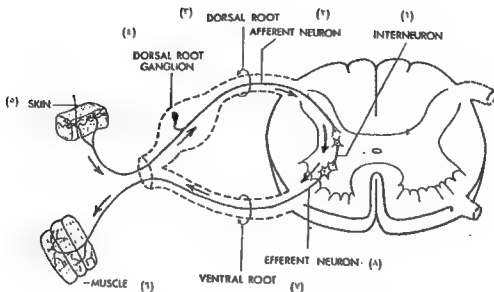
وإذا كنا نجد أن الجهاز العصبى لجميع الفقاريات يحتوى على الحبل الشوكى وساق الدماغ فإن النصفين الكرويين للدماغ ظهرا حديثا أثناء عمليات التطور واكتسبا وظائف جديدة هى الأفعال الإعتكاسية الشرطية .

ب - الحبل الشوكى Spinal Cord

عبارة عن حبل عصبى إسطوانى يمتد فى القناة الفقرية داخل العمود الفقرى وهو مثل النخاع المستطيل فى تركيبه حيث توجد المادة البيضاء فى الخارج والمادة الرمادية فى الداخل ويحيط به ثلاثة أغشية هى الام الحنون والعنكبوتية والام الجافية .

ويلاحظ عند عمل قطاع عرض فى الحبل الشوكى (شكل ٩ - ١١) أن المادة الرمادية تمتد فى المادة البيضاء على جانبي النخاع الشوكى مكونة ما يسمى بالقرون الخلفية أو الظهرية Dorsal Horns والقرون الأمامية أو البطنية Ventral Horns كما يلاحظ وجود شق فى الجهة الظهرية يقابله شق آخر فى الجهة البطنية . يوجد بهذه الشقوق نسج ليفى وكثير من الأوعية الدموية . وتحتوى المادة البيضاء على ألياف عصبية لتوصيل أجزاء الجهاز العصبى الرئيسى ببعضها وبعض أجزاء النخاع الشوكى . ومن أمثلتها الألياف العصبية الموجودة فى المادة البيضاء والآتية من المخ ووظيفتها تنظيم الحركة اللا إرادية .

تخرج الأعصاب الشوكية من الحبل الشوكى فى أزواج على مسافات منتظمة من بين الفقرات على الجانبين . يخرج كل عصب بجذرين أحدهما ظهري Dorsal root والآخر بطنى Ventral root . ويحتوى الجذر الظهري على الأعصاب الواردة Afferent nerve وكل منهما له عقدة عصبية Ganglion تحتوى على أجسام الخلايا العصبية الخاصة بهذه الألياف وتقع على مقربة من الحبل الشوكى . والجذر البطنى يحتوى على الأعصاب الصادرة أو المحركة Efferent nerves . ويتصل كلا الجذرين على مقربة من الحبل الشوكى مكونين جرع عصبى مختلط Nerve trunk يحتوى على نوعى الأعصاب ويكون



شكل ٩ - ١١ : يوضح قطاع عرضي في الحبل الشوكي والأعصاب الداخلة إليه والخارجة منه
(١) حبله عصبية وسلي (٢) أعصاب داخله (٣) جذر ظهري (٤) عقدة عصبية (٥) جلد (٦) عضلة (٧) جذر بعلي (٨) أعصاب خارجة

ذلك بعد العقدة العصبية الخاصة بأعصاب الحس الواردة .

يحتوى الحبل الشوكى على كثير من المراكز العصبية المسيطرة على وظائف هامة بالجسم منها المركز العصبى للتبول ومركز التبرز والمركز العصبى الخاص بانتصاب القضيب وآخر خاص بالقنف ومركز خاص بالوضع بالإناث. وفي الحيوانات السليمة تكون وظيفة الحبل الشوكى أيضا نقل إشارات حسية للمراكز العليا بالمخ كما أنه يجلب الإشارات الحركية المترتبة عليها وذلك تحت تحكم الإرادة ، كما أنه يسمح بعمل حركات رد فعل مناسبة .

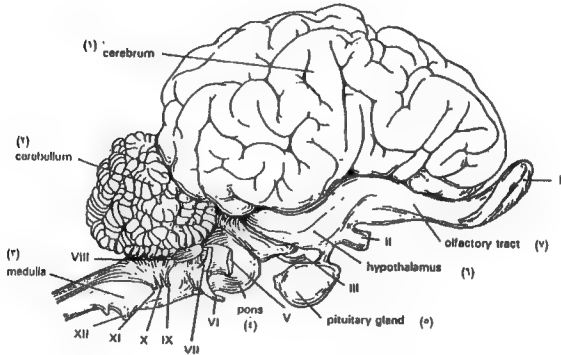
ثانياً : الجهاز العصبى الطرفى :

يخرج من الدماغ والحبل الشوكى أزواج من الأعصاب الدماغية والأعصاب الشوكية تقوم بربط الدماغ مع جميع المستقبلات Receptors والأعضاء العاملة (الغدد والعضلات) وتكون هذه الأعصاب فى مجموعها الجهاز العصبى الطرفى . وتتكون أعصاب الدماغ وأعصاب الحبل الشوكى من حزم الألياف العصبية أما أجسام الخلايا العصبية فتوجد فى الجهاز العصبى المركزى مكونة تجمعات بجوار الدماغ والحبل الشوكى تسمى بالعقد العصبية Ganglions ويضم هذا الجهاز الأعصاب التالية .

١ - الأعصاب الدماغية Cranial nerves ونخرج من المناطق المختلفة للدماغ (شكل

٩ - ١٢) ويبلغ عددها ١٢ زوج من الأعصاب تصل لأعضاء الحس (العين - الأذن) والعضلات والغدد الموجودة بالرأس وهي توجد في كل الفقاريات تقريبا (جدول ٩ - ١) . أما في الأسماك والبرمائيات فتوجد ١٠ أزواج من الأعصاب الدماغية حيث لا يوجد فيها العصبين الحادى والثانى عشر .

٢ - الأعصاب الشوكية Spinal nerves وهي أعصاب تخرج من الحبل الشوكى ويبلغ عددها نحو ٣١ زوج فى الإنسان ونحو ٣٧ زوج فى الحيوانات وهي مختلطة (حسية ومحركة) . وكل زوج منها متصل بمستقبل Receptor وعضو يستجيب للتنظيم العصبى القائم إليه من الجهاز العصبى المركزى . وتعتبر الأعصاب الإرادية المغذية للعضلات المخططة كعضلات الذراعين والأرجل من الأعصاب الشوكية .



شكل ٩ . ١٢ : شكل للجانب الأيمن لدماغ البقرة موضحا أماكن خروج الأعصاب الرأسية والمشار إليها الرومانية : ١ - التصلبين الكرويين . ٢ - المخيخ . ٣ - النخاع المستطيل . ٤ - قناة فارولى . ٥ - الغدة النخامية . ٦ - تحت المهاد . ٧ - العصب الشمى .
(عن هيث وأوليمانيا)

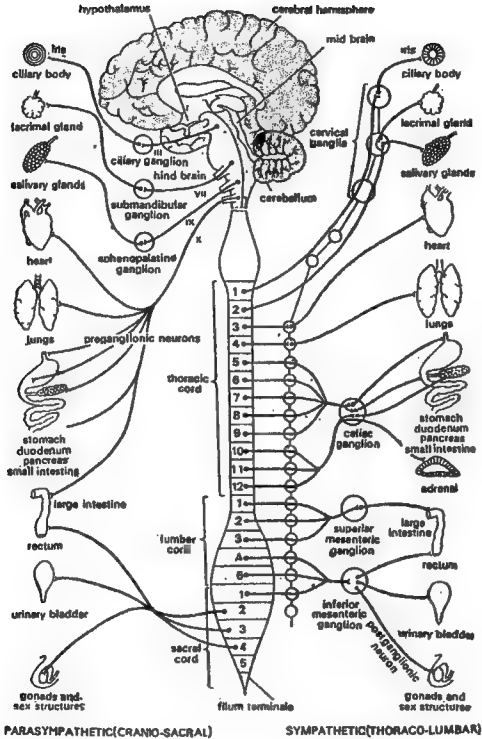
جدول ٩ - ١ : الأعصاب الدماغية في الحيوانات الثديية

الرقم	الاسم	النوع	بداية ونهاية التأثير
١	الشمى	Olfactory حسي	الأنف - النصفين الكرويين
٢	البصرى	Optic حسي	شبكية العين - النصفين الكرويين
٣	محرك العين	Oculomotor محرك	الدماغ البيني معظم عضلات العين
٤	البكسرى	Trochlear محرك	الدماغ المتوسط - العضلة المائلة للعين
٥	التوامى الثلاثى	Trigeminal مختلط-حسى	العين والوجه - النخاع المستطيل
٦	المبعد للعين	Abduced محرك	عضلات المضغ - النخاع المستطيل
٧	الوجهى	Facial مختلط-حسى	النخاع المستطيل - عضلات العين
٨	السمعى	Vestibulocochlear حسي	الأذن - النخاع المستطيل
٩	اللسانى البلعومى	Glossopharyngeal مختلط-حسى	اللسان والبلعوم - النخاع المستطيل
١٠	الحائر	Vagus مختلط-حسى	النخاع المستطيل - عضلات البلعوم
١١	الشوكى المساعد	Spinal accessory محرك	الأحشاء الداخلية - النخاع المستطيل
١٢	اللسانى	Hypoglossal محرك	النخاع المستطيل - الحبل الشوكى - الرقبة والكف - عضلات اللسان

٣ - الجهاز العصبى الذاتى Autonomic Nervous System

هو الجزء من الجهاز العصبى الطرفى الذى ينظم نشاط الغدد والعضلات والأحشاء الداخلية للجسم مثل الأمعاء والمعدة والقلب والحجاب الحاجز . تكون تلك الأعصاب جهازا يسمى بجهاز الأعصاب اللا إرادية الذى ينقسم إلى قسمين هما الجهاز العصبى السمبثاوى Sympathetic N.S or Thoracolumbar N.S ويتكون من الأعصاب اللا إرادية الخارجة من منطقة الصدر والقطن . والجهاز العصبى الباراسمبثاوى Parasympathetic N.S or Craniosacral N.S الذى يتكون من الأعصاب اللا إرادية الخارجة من المنطقة العجزية والأعصاب الدماغية (شكل ٩ - ١٣) .

وجميع الأعضاء الموجودة فى التجويف البطنى مزودة بأعصاب لا إرادية من كلا الجهازين السمبثاوى والباراسمبثاوى لتنظيم حركة تلك الأعضاء ووظائفها



شكل ٩ - ١٣ : رسم توضيحي لأجزاء الجهاز العصبي الذاتي في الثدييات الجزء السمبثاوي (على اليمين)
والجزء الباراسمبثاوي (على اليسار) ويظهر على الجوانب الأعضاء والغدد التي تتلقى تنويلا عصبيا ذاتيا
(عن فريما وآخرون)

الفسيولوجية . إذ أن كل نوع من تلك الأعصاب تفرز مادة مضادة للأخرى فإذا كان التأثير الفسيولوجي للإفرازات عصب معين هو تنبيه العضو فإن إفرازات العصب الآخر تكون مثبطة لنشاط هذا العضو وذلك حتى يتمكن الحيوان من إحداث حالة إنزاح لنشاطه الفسيولوجي .

تأثير أى عصب من الأعصاب اللا إرادية ليس ثابتا فى جميع الأعضاء فقد يكون التأثير منشطا لعضو معين ومثبطا لعضو آخر إلا أنه من الثابت أنه فى حالة تنشيط أحد الفرعين لعضو معين فإن الآخر يكون مثبطا لنفس العضو . فتنبيه الأعصاب السمبثاوية يؤدى لإرتخاء عضلات القناة الهضمية فى نفس الوقت الذى يحدث فيه تنبيه الأعصاب الباراسمبثاوية العكس .

ويلاحظ أن تأثير الجهاز العصبى السمبثاوى على أنسجة الجسم المختلفة يكون من خلال إفرازه لمادة النورابينفرين Norepinephrine أما تأثير الأعصاب الباراسمبثاوية فيكون من خلال مادة الاستيل كولين Acetyl choline وتأثيراتهم الفسيولوجية متضادة .

أعضاء الحس Sense organs

تتطلب حياة الحيوان تيارا مستمرا من المعلومات الصادرة من البيئة المحيطة أو من داخل الحيوان وذلك لتنظيم معيشتها . وأعضاء الحس هى مستقبلات خاصة صممت للتعرف على حالة البيئة وما يحدث فيها من تغير . وتعتبر أعضاء الحس بالحيوان هى مستواه الأول لإدراكه البيئى وهى أيضا قنوات استقبال المعلومات وتوصيلها للدماغ .

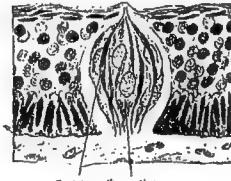
ولما كان المنبه العصبى Stimulus عبارة عن نوع من أنواع الطاقة (كهربية ، ميكانيكية ، كيميائية أو إشعاعية) فإن عضو الحس يقوم باستقبالها على مستقبلات خاصة Receptors ثم يحول طاقة المنبه إلى إشارات عصبية تنتقل على الألياف العصبية إلى مراكز خاصة بالجهاز العصبى المركزى الذى يترجم هذه الإشارات العصبية إلى أعضاء الإستجابة . أعضاء الحس تكون حساسة لنوع واحد من صور الطاقة المنبهة ، فالعين تستجيب فقط للضوء والأذن للصوت ومستقبلات الضغط للضغط والمستقبلات الكيميائية للجزيئات الكيميائية .

والحواس فى الفقاريات خمسة هى التذوق ، الشم ، اللمس ، السمع والبصير .

٩ - التذوق Taste

عضو حاسة التذوق هو اللسان ويرجع ذلك الإحساس إلى مجموعة من خلايا الحس توجد في حلقات الغشاء المخاطي للسان وبعضها أيضا يوجد في الحنجرة والبلعوم وسقف الحلق . الخلايا الحسية توجد في شكل براعم تسمى براعم التذوق Taste buds وتتكون من خلايا مغزلية حساسة Gustatory cells تحيط بها خلايا مدعمة Supporting cells (شكل ٩ - ١٤) . ولبرعم التذوق فتحة خارجية دقيقة تبرز منها الأطراف الدقيقة للخلايا الحسية . وتتصل الخلايا الحسية بأفرع الألياف العصبية التي ترد لهذه الخلايا من العصب الدماغي الخامس والتاسع . وتعمل الخلايا الحسية عند حدوث تغير كيميائي في السائل المحيط بها وهو السائل المخاطي الذي يفرزه الغشاء المخاطي المبطن للسان فتصدر إشارات عصبية للألياف العصبية التي تنقلها لمركز التذوق بالمخ .

ويستطيع الإنسان أن يميز أربع أشكال من التذوق هي الحلاوة ، المرارة ، الحامض والمالح ، ويعزى ذلك لأنواع مختلفة من البراعم . وتتركز براعم تذوق الطعم المالح والحلو في طرف اللسان وتوجد براعم الطعم المر بقاعدة اللسان أما البراعم الخاصة بالطعم الحامض فتتركز على جانبي اللسان .



(١) Gustatory cell Supporting cell

شكل ٩ - ١٤ : يوضح براعم التذوق باللسان (١ - خلايا حسية ، ٢ - خلايا مدعمة)
(عن فرانسيسون)

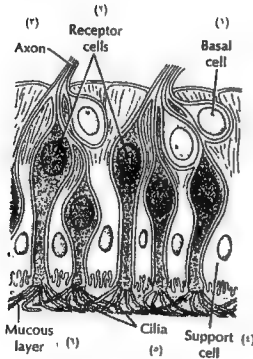
التذوق عامل هام في مقدرة الحيوان على اختيار الأطعمة التي تحتوي على العناصر التي تنقصه . فمثلا نقص الفيتامينات تجعل الحيوان يختار الأطعمة التي بها نسبة عالية من الفيتامينات التي يحتاجها . أما الفئران منزوعة الأدرينال فتفضل المحاليل الملحية على الماء النقي لكي تعوض الفاقد من الأملاح . والفئران منزوعة الغدة الجاردرقية تفضل المحاليل المحتوية على الكالسيوم . هذه القدرة على تصحيح النواقص اليومية تفقد لو قطع العصب الحسي للتذوق .

٢ - الشَّم Smell

حاسة الشم تتركز في تجويفي الأنف ، حيث أن عمق التجويف الأنفي يبطن بخلايا طلائية شمعية Olfactory epithelium تضم بالإضافة إلى الخلايا الشمية المستقبلية Receptor cells خلايا دعامية Support cells وخلايا قاعدية Basal cells تفرز المخاط الذي يغطي السطح بمسحه مخاطية Mucous layer (شكل ٩ - ١٥) . الخلايا الحسية تتصل بألياف أحد الفصيين الشميين (العصب الدماغي الأول) الذي يصل للمركز الشمي بالدماغ .

ولكى يحدث الشم يجب أن تذوب المادة في الماء والمادة الدهنية بالمخاط الذي يكسو الغشاء الشمي قبل أن تستطیع الوصول لخلايا الإحساس . وتطور الجهاز العصبي بالنسبة لحاسة الشم يختلف من حيوان لآخر فهو متطور جدا في الكلب ومتخلف في الإنسان .

وحاسنا الشم والتذوق مرتبطتان ارتباطا قويا فإذا ضعف الشم ضعف معه التذوق كما يلاحظ عند إصابة الفرد بالبرد والرشح .



شكل ٩ - ١٥ : يوضح الطبقة الطلائية الشمية :
١ - خلية قاعدية ، ٢ - خلايا مستقبلية ، ٣ - محور ، ٤ - خلية دعامية ، ٥ - أهداب - ٦ - طبقة مخاطية

٣ - اللمس واللمس Touch and Palm

عضو حاسة اللمس هو الجلد . ويستقبل إحساس اللمس عن طريق نهايات عصبية خاصة تسمى أجسام معسر Meissner's Corpuscles (شكل ٩ - ٣) توجد بالقرب من سطح الجلد وكذلك نهايات كراوس البصيلية End bulb of krause المنتشرة فى عمق الجلد . وتتفاوت درجة الإحساس باللمس فى أجزاء الجسم المختلفة فهى قوية فى الشفتين واللسان والأجزاء الرقيقة من الجسم وضعيفة فى كثير من الأجزاء الأخرى السمكية .

إحساسات الضغط القوية تنتج من مستقبلات خاصة تسمى الحويصلات الباسينية Pacinian corpuscles تنتشر بين الخلايا الضامة تحت الجلد وحول المفاصل والعضلات والأوتار والمساميق البطنية . وهى تتركب من نهايات عصبية تحيط بها طبقات من النسيج الضام الممتدة فى المركز مثل البصيلية (شكل ٩ - ٣) . الضغط الواقع على أى جزء من الحويصلة يغير من شكلها فيحدث جهد متردد بالمستقبل وينجم عن ذلك سريان الإشارة العصبية .

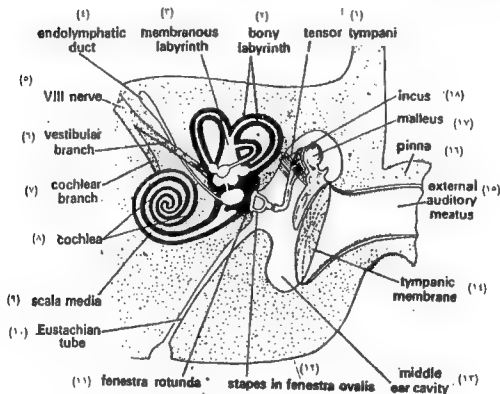
مستقبلات الألم عبارة عن نهايات عصبية غير متخصصة نسبيا وتستجيب لمنبهات مختلفة حيث تبلغ بالإشارات عن تلف حقيقى أو متوقع للأنسجة .

٤ - السمع Hearing

عضو حاسة السمع هو الأذن . فهى عبارة عن جهاز استقبال متخصص فى التعرف على الموجات الصوتية فى البيئة المحيطة . وتتتركب الأذن من ثلاثة أجزاء : الأذن الخارجية، الأذن الوسطى والأذن الداخلية (شكل ٩ - ١٦) .

الأذن الخارجية Outer ear تتتركب من الصيوان Pinna وهو الجزء الغضروفي الخارجى والذى يتحرك إراديا فى معظم الحيوانات ماعدا الإنسان ويقوم بتجميع الصوت وتحديد مصدره . وينتهى الصيوان إلى القناة السمعية الخارجية External auditory meatus . وتلك القناة مبطنة بغشاء مخاطى يحتوى على غدد تفرز مادة دهنية تسمى الصماغ وتقوم بنقل الصوت إلى غشاء الطبلة Tympanic membrane الذى يتكون من ألياف كولاجينية إشعاعية ودائرية ويغطى من الخارج بنسيج طلائى ومن الداخل يغطى بغشاء مخاطى ذو خلايا عمادية مهدبة ومسطحة الخارجى محدب فى إتجاه الصيوان . الأذن الوسطى Middle ear عبارة عن تجويف ممتلئ بالهواء يفصله عن القناة

السمعية الخارجية الطبلية ويحتوى على سلسلة مميزة تتكون من ثلاثة عظيمات صغيرة هي المطرقة Malleus والسندان incus والركاب Stapes وتسمى بالعظيمات الأذنية Ear ossicles . وهذه العظيمة وظيفتها نقل الموجات الصوتية عبر الأذن المتوسطة واتصالها يكون في غاية من الترتيب بحيث أن الموجات الصوتية المتجهة نحو الطبلية يمكن تكبيرها ٩٠ مرة قدر شدتها الأولى وذلك عند اتصال الركاب بالفقعة البيضاوية للأذن الداخلية . وتتصل الأذن الوسطى بالبلعوم عن طريق قناة استاكيوس Eustachian tube التي تعمل على تعادل ضغط الهواء على جانبي غشاء الطبلية .

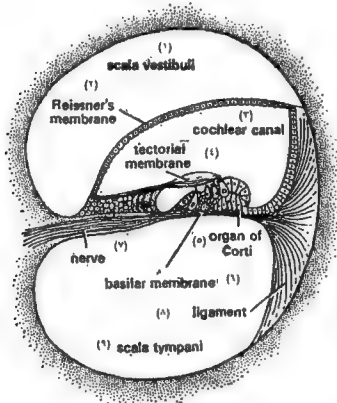


شكل ٩ - ١٦ : قطاع عرضي في أذن الحيوانات
(عن فيرما وأخرون)

(١) المسلة الشاذة للطبلية (٢) القذائز اللحمية (٣) القذائز الشائلي (٤) قناة اللبعم الداخلي (٥) المنصب الثاني (٦) القذائز (٧) القذائز (٨) القذائز (٩) السام المتوسط (١٠) قناة استاكيوس (١١) الفقعة المستديرة (١٢) الركاب على الفقعة البيضاوية (١٣) تجويف الأذن الوسطى (١٤) غشاء الطبلية (١٥) القذائز الخارجية للأذن (١٦) مسيلون الأذن (١٧) المطرقة (١٨) السندان

الأذن الداخلية Inner ear عبارة عن عدة تجاويف تحتوى على القوقعة Cochlea الممتولة عن السمع وكذلك التية Labyrinth وهو عضو التوازن . القوقعة هي عبارة عن عضو الإحساس بالموجات الصوتية وتتصل بالعصب السمعي الدماغى الثامن . وهي

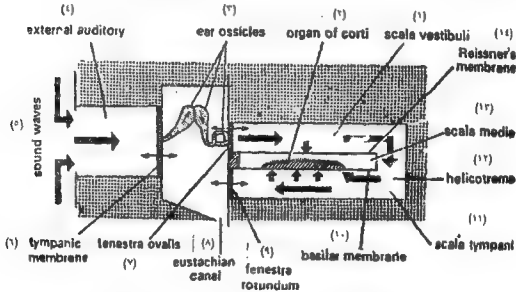
تتلف كصدفة القوقعة فتصنع بذلك لفتين ونصف وتنقسم طوليا إلى ثلاث قنوات تسير بطريقة متوازية وتستند من القاعدة لل قمة (شكل ٩ - ١٧) . تسمى إحدى هذه القنوات بالقناة الدهليزية Vestibular canal وقاعدتها مغلقة بالفتحة البيضاوية Oval window . القناة الثانية هي القناة الطبلية Tympanic canal وتتصل بالقناة الدهليزية عن طريق القوقعة وقاعدتها مغلقة عن طريق النافذة المستديرة Round window . وتصل القناة القوقعية Cochlear duct بين هاتين القناتين وهي تحوى على عضو كورتى Organ of Corti الذى هو جهاز الإحساس . حيث بداخله تنتظم صفوف الخلايا الشعرية Hair cells التى تجرى بالطول من قاعدة القوقعة لقمتها ، وكل منها مزود بالكثير من الشعيرات التى تبرز إلى الليمف الداخلى Endolymph الموجود بالقناة القوقعية . وكل منها يتصل بخلايا عصبية من العصب السمعى . وتتركز شعيرات الخلايا على الغشاء القاعدى الذى يفصل القناة الطبلية والقناة القوقعية ، ويغطيها الغشاء السقفى Tectorial membrane الذى يقع فوق هذه الشعيرات مباشرة .



شكل ٩ - ١٧ : قطاع عرضي في قوقعة أذن الحيوانات
(عن هيرما وأخرون)

١ : الغشاء الدهليزي (٢) : غشاء ريدر (٣) : الغشاء القوقعي (٤) : الغشاء السمعى (٥) : عضو كورتى (٦) : الغشاء القاعدى (٧) : عصب (٨) : بند (٩) : الغشاء
الطبلية

ويحدث السمع عندما تنتقل موجات الصوت خلال القناة السمعية الخارجية حتى تصل للغشاء الطبلي فيهتز تبعاً لشدة تلك الموجات . تنتقل الاهتزازات من الغشاء الطبلي إلى عظام الأذن الوسطى ثم إلى غشاء النافذة البيضاوية ومنها إلى الليمف الخارجي Perilymph الموجود بقناة الدهليز بالقوقعة مما يؤدي لتنبيه الغشاء الدهليزي أو غشاء رسنر Reissner's membrane فيهتز للدخل والخارج . تنتقل هذه الاهتزازات إلى الليمف الداخلي Endolymph بالقناة القوقعية وبعد ذلك من خلال الغشاء القاعدي إلى الليمف الخارجي بالقناة الطبليّة مؤدياً لحركة الغشاء المغطى للنافذة المستديرة . هذه الحركة للمسائل تنبه الخلايا الشعرية لعضو كورتى ومنه تنتقل الإشارات خلال ليفات العصب السمعي للدماغ (شكل ٩ - ١٨) ويتم ترجمة الإشارات العصبية المحمولة بواسطة ألياف العصب السمعي في المركز السمعي بالدماغ في نغمات صوتية معينة .



شكل ٩ - ١٨ : يوضح ميكانيكية السمع في الأذن
(عن فريما وأخرون)

(١) القناة الدهليزية (٢) عضو كورتى (٣) التطويبات الأذنانية (٤) الأذن الخارجية (٥) موجات الصوت (٦) غشاء الطبلة (٧) القناة البيضاوية (٨) قناة السلكوس (٩) القناة المستديرة (١٠) غشاء قاعدى (١١) القناة الطبليّة (١٢) القناة القوقعية (١٣) القناة الوسطى (١٤) غشاء رسنر

وأذن الإنسان تستقبل الموجات الصوتية التي يتراوح ترددها بين ٢٠ - ٢٠٠٠٠ زبذبة / ثانية . والليفة العصبية تستطيع نقل ١٠٠٠ زبذبة / ثانية ولكن الترددات الأعلى من ٢٠٠٠٠ لا يستطيع الإنسان سماعها . وحاسة السمع في بعض الحيوانات أعلى من الإنسان .

الصمم Deafness قد يرجع إما لتلف في نقل الموجات الصوتية عبر الأذن الخارجية

أو الوسطى أو نتيجة لتلف القوقعة أو أعصاب السمع أو عيب فى الجهاز العصبى المركزى . وقد يحدث الصمم بسبب بعض العوامل الأخرى مثل السموم الميكروبية ، الجروح ، الألووية أو لعوامل وراثية . ومعظم هذه العوامل يصيب الجزء الدهليزى Vestibular part من الأذن الداخلية مسببا دوخة وإغماء أو فقد للتوازن .

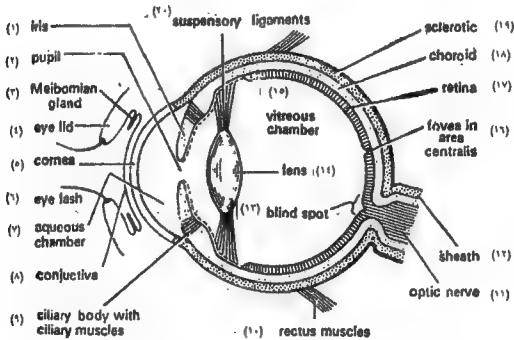
حس التوازن Sense of equilibrium يقوم به عضو التوازن أو التية (الأذن الداخلية) Labyrinth الذى يتكون من غرفتين صغيرتين هما الكيس الدقيق Saccule والأخرى تسمى القربة Utricle وثلاثة قنوات نصف دائرية Semicircular canals (شكل ٩ - ١٦) . الغرفتين الصغيرتين هما عضوى إتران ثابتة وتعطى معلومات عن موضع الرأس أو الجسم بالنسبة لقوى الجاذبية . وهى تبطن من الداخل بخلايا شعرية تحتوى على بلورات كربونات الكالسيوم ويتم تنشيط الخيوط الشعرية الدقيقة للخلايا الحسية بواسطة التغير فى موقع بلورات التوازن عندما يغير الحيوان وضعه أو موقعه . القنوات النصف دائرية مخصصة أساسا للإستجابة لتغيرات الدوران فى أى من الإتجاهات الفراغية الثلاث ، واحدة لكل إتجاه . ويدخل كل قناة تبرز بزاوية قائمة أرفف Cristae فى داخل سائل الليمف الداخلى وتتكون من نسيج طلائى عصبى . وعندما تدار الرأس فإن هذه الأرفف تثار نتيجة للتغير فى ضغط الليمف داخل القنوات

البصر Vision

العين Eye هى عضو الإبصار فى الحيوانات . وتوجد العين داخل تجويف فى عظام الوجه يسمى محجر العين Orbit حيث تتحرك فيه بسهولة بفضل عضلات خارجية تتصل بها . والعين عبارة عن كرة غير كاملة الإستدارة (مقلة العين Eyeball) مقدمتها شفافة حيث تتركب من القرنية Cornea التى تمتد للخلف على هيئة طبقة هى الصلبة Sclerotic التى تتركب من نسيج ليفى أبيض (شكل ٩ - ١٩) . وتغطى القرنية طبقة شفافة أخرى هى الملتحمة Conjunctiva التى تمتد لتبطن جفنى العين Eye lids . ولما كانت الملتحمة كثيرة الأوعية الدموية والخلايا والغدد الليمفاوية فهى عرضة لكثير من ظواهر الإلتهاب . جفون العين عبارة عن ثنيه من الجلد تنتهى بالرموش Eye lash فى الإنسان وهى تحمى العين من المؤثرات الخارجية . ويوجد بالجفون من الداخل غدد دهنية محورة تسمى غدد ميبوميان Meibomian gland تفرز مادة دهنية بجانب الطرف البعيد للجفون مما يحفظ النموع على مقلة العين .

وتتحرك العين بواسطة سبع عضلات منها أربع مستقيمة Rectus muscles هي العليا والسفلى والداخلية والخارجية المستقيمة والعضلة الخامسة عينية كمكشة للعين Retactor muscles والسادسة والسابعة مائلتان Oblique muscles أحدهما علوية والآخرى سفلية وظيفه تلك العضلات تحريك العين في جميع الاتجاهات .

مقلة العين الكروية يتكون جدارها من ثلاثة طبقات ، فيجانب الغلاف الخارجى الصلب Sclerotic يوجد من الداخل المشيمية Choroid ثم من الداخل الشبكية Retina . المشيمية غلاف دعامى ويوجد به صبغة موداء ليكسب داخل العين ظلمة وهى تمتد للأمام حتى القرنية Iris . والقرنية عبارة عن نسيج ليفى يحتوى خلايا ذات أصباغ وتحتوى أيضا على عضلات دائرية دقيقة لا إرادية تتحكم فى إتساع حدقة العين (إنسان العين) Pupil على حسب كمية الضوء الساقطة عليها . وتقع العدسة Lens خلف القرنية مباشرة (شكل ٩ - ١٩) . وهى عبارة عن كرة شفافة مرنة تكسر الأشعة الضوئية وتركزها على الشبكية وكذلك تضبط البعد البؤرى للأشياء القريبة والبعيدة .



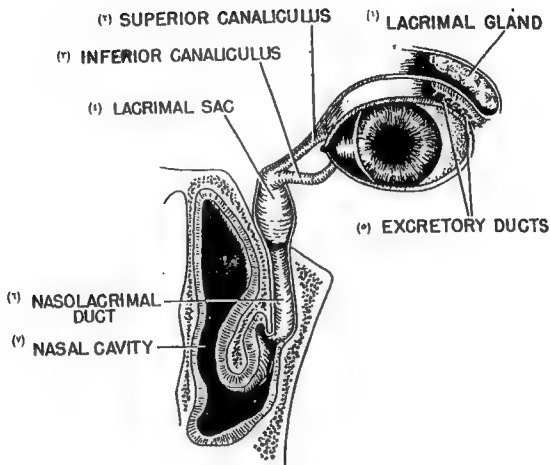
شكل ٩ - ١٩ : قطاع رأسى فى عين الحيوانات الشبيهة موضحا تركيبها
(عن فيرما وآخرون)

(١) القرنية (٢) الحدقة (٣) غدة ميبوميان (٤) الجوى (٥) القرنية (٦) الفرموش (٧) حجرة السائل (٨) القلعة (٩) الجسم والمشعات الهدبية (١٠) العضلات المكشحة (١١) الصلب البصرى (١٢) غلاف (١٣) البقعة المساء (١٤) العدسة (١٥) عروة الحب (١٦) نقطة مركزية (١٧) الشبكية (١٨) المشيمية (١٩) الصلبة (٢٠) نربطة تعليق

ويحيط بالعدسة ويمسكها بمكانها أربطة معلقة Suspensory ligaments هذه الأربطة مع العضلة الهدبية Ciliary muscle (حلقة من الألياف العضلية المتشعبة) تجعل شد العدسة وإرتخائها ممكنا وذلك لرؤية الأشياء القريبة والبعيدة . ويوجد بين القرنية والعدسة حجرة خارجية ممتلئة بالسائل المائي Aqueous humor وكذلك يوجد بين العدسة والشبكية حجرة داخلية أكبر من سابقتها مملوءة بسائل أكثر كثافة يسمى السائل الزجاجي Vitreous humor .

وفوق العين مباشرة تقع الغدد الدمعية Lacrimal glands حيث توجد في فجوة تحت قباء الحاجاج على مقربة من الزاوية الخارجية للعين . والغدة قنوات تفتح في الجفن العلوي عند زاوية العين الخارجية فتخرج منها الدمع وينتشر في العين ثم يتجمع عند الزاوية الداخلية ليمر من العين عن طريق قناتين يصبأ في كيس دمعي Lacrimal sac بالحفرة الأنفية ومنه لقناة تفتح في فراغ التجويف الأنفي Nasal cavity (شكل ٩ - ٢٠) . وانسداد طريق خروج الدموع يؤدي لسيلان مستمر للدموع على الوجه . وتفرز الدموع باستمرار لترطب سطح العين وتغسل الجزيئات التي ربما تدخل العين حيث تتوزع الدموع بتحريك الجفون .

وتعتبر شبكية العين من أهم أجزاء العين لأنها الطبقة الحساسة للضوء حيث تحتوى على مستقبلات الضوء (شكل ٩ - ٢١) . وتتركب الشبكية من طبقتين أحدهما خارجية على المشيمة تسمى الطبقة الصبغية Pigment layer وتتركب من خلايا مكعبة بها حبيبات ملونة Chromophores ثم طبقة داخلية عصبية تمتد حتى الجسم الهدبي . وتحتوى على عدة طبقات هي من الخارج للداخل طبقة الخلايا الضوئية Photo receptor layer وتضم نوعين من الخلايا هم العصي Rods والمخاريط Cones . الأولى عبارة عن خلايا أجسامها مستطيلة ومتعامدة على سطح الشبكية وتحتوى على صبغ أرجواني يسمى رودوبسين Rhodopsin قريب الشبه في تركيبه لفيتامين (أ) ويحتوى الجزء الداخلى لهذه العصي على النواه ثم يمتد على هيئة ليفة عصبية . أما المخاريط فأجسامها أغلظ وإن كانت مدببة وتمتد على هيئة ألياف عصبية . ألياف العصي والمخاريط العصبية تتصل بتشابك عصبي بخلايا عصبية ثنائية المحاور Bipolar nerve cells هي التي تكون الطبقة الثانية . وهذه تتصل بدورها بتشابك عصبي بخلايا عقدية كبيرة Ganglion cells التي تتجمع محاورها بعد أن تكسوها أغمد نخاعية لتكون العصب البصرى الذى يترك العقدة في نقطة خلفية . وتغيب العصي والمخاريط عند مخرج العصب البصرى من العقدة ولذلك تسمى هذه المنطقة بالنقطة العمياء Blind spot . وتكثر المخاريط في مكان صغير منخفض يسمى بالنقرة المركزية Fovea centralis ونقل فيها العصي أو تغيب كلية على



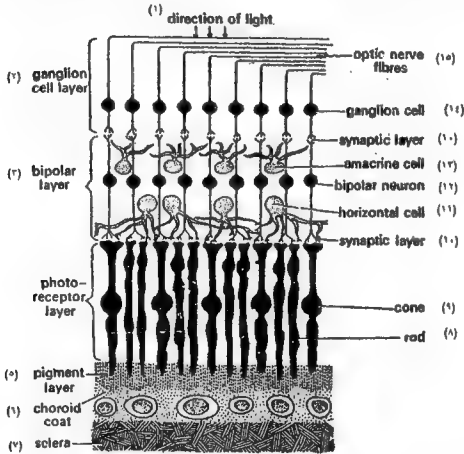
شكل ٩ - ٢٠ : يوضح مواقع الغدد الدمعية وممر الدموع في الحيوانات
(عن فرانكسون)

(١) غدة دمعية (٢) قنية أمامية (٣) قنية خلفية (٤) كيس دمعي (٥) قنيت الفرازية (٦) قناة الدمعية (٧) تجويف أنفي

حسب الحيوان وهي تقع على خط واحد مع العدسة والقرنية وتعتمد حدة البصر على كثافة المخاريط في منطقة النقرة المركزية .

تتم رؤية الأشياء عند تكون صورتها على الشبكية نتيجة لوصول الأشعة المسافطة عليها لتتحرف وتنزل على بؤرة عند نقطة خلف العدسة تسمى البؤرة القاعدية Principal focus تقع على الشبكية لتتكون صورة مقلوبة . وبالطبع فإن وقوع البؤرة على الشبكية إنما يكون لشيء مرئي على مسافة معينة من العين لا تقل عن ٢٠ قدم ، ولكن العين ترى الأشياء القريبة والبعيدة عن ذلك وهذا يقتضي أن تغير العدسة شكلها عن طريقة الأربطة المعلقة حتى تسقط الصورة مع البؤرة على الشبكية وهذا ما يسمى بتكيف الأبصار . Accomodation

وتحتوى الشبكية على عدد كبير من مستقبلات الضوء من العصي والمخاريط يبلغ عددهما لشبكية الإنسان نحو ١٢٠ مليون عصا ونحو ٧ مليون مخروط . وتحتوى العصبية على صيغ حساس للضوء يسمى رودوبسين Rhodopsin يتكون كل جزيء منه من جزيء بروتين ضخم يسمى اوبسين Opsin وهو يعمل كإنزيم . والجزيء الآخر كاروتينى (مشتق فيتامين أ) يسمى الريتال Retinal . وعندما يرتطم الضوء بالعصا يمتصه جزيء الرودوبسين فيتغير شكله الجزيئى مما يتسبب فى تفككه وانطلاق النشاط الأنزيمى للأوبسين والذي يبدأ فى تحريك سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية المهيجة أو المثيرة والتي تقوم بتضخيم طاقة فوتونات الضوء لكى تولد إشارة عصبية فى العصا

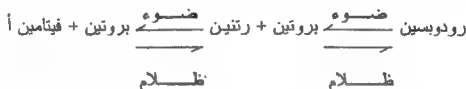


شكل ٩ - ٢١ : قطاع رأسى فى العين يوضح الطبقة الصيفية التى تلى المشيمية ، ثم طبقة المستقبلات الضوئية وأخيرا الطبقة الداخلية العصبية (عن فروما وآخرون)

(١) اتجاه الضوء (٢) طبقة خلايا عقدية (٣) طبقة خلايا ثنائية المحاور (٤) طبقة مستقبلات الضوء (٥) الطبقة الصيفية (٦) المشيمية (٧) السحابة (٨) العصا (٩) المخاريط (١٠) طبقة الشبكية (١١) خلايا أفقية (١٢) خلايا ثنائية الأقطاب (١٣) خلايا افقرية (١٤) خلايا عصب (١٥) أعصاب الزرق

التي تنتقل عن طريق الألياف العصبية لمركز الأبصار بالمخ . ثم يعاد تخليق رودوبسين مرة أخرى لكي يتمكن من الإستجابة لإشارة ضوئية تالية .

كمية الرودوبسين بالشبكية تعتمد على كمية الضوء الواصل للعين ، فالعين التي تتكيف على الظلام تحتوي رودوبسين أكثر وهي أيضا أكثر حساسية للضوء الخافت وعلى العكس من ذلك فإن معظم الرودوبسين في العين التي تتكيف مع الضوء قد تنكسر . وربما يحتاج الأمر لفترة يتم فيها إعادة بناء الرودوبسين حتى تتكيف مع الظلام . وتزيد قدرة العين الواضحة للتكيف على الظلام والضوء كثيرا من سهولة هذا التحول .



تركيب صبغ المخاريط يعتقد بأنه يشبه الرودوبسين ، حيث يحتوي على مادة الرتينال Retinal المتحدة مع بروتين خاص يسمى كون أوبسين Cone opsin . ووظيفة المخاريط هي إدراك وتمييز الألوان ، حيث أن هناك ثلاثة أنواع من المخاريط يتفاعل كل منها بقوة كبيرة بالأضواء الحمراء والخضراء والبنفسجية . وتتم عملية إدراك الألوان على الشبكية أو بالمنطقة البصرية بالمخ بمقارنة مستويات الإثارة الحادثة في الأنواع الثلاثة من المخاريط ويوجد إدراك الألوان في معظم الفقاريات ماعدا البرمائيات التي تخلو من هذه الميزة . ومن المثير حقا أن معظم الثدييات مصابة بعمى الألوان باستثناء الرئيسيات وقليل من الأنواع الأخرى مثل السناجب . ويتطلب تنبيه المخاريط من ٥٠ - ١٠٠ ضعف من الضوء أكثر عما يتطلبه تنبيه العصي . وعلى ذلك فإن الأبصار الليلي يعتمد تماما على العصي وهذا يجعل المناظر التي تظهر في ضوء القمر تكون باللون الأبيض والأسود . وعلى النقيض من الإنسان الذي يستطيع الرؤية ليلا ونهارا فإن بعض الحيوانات مثل الخفافيش واليوم ترى بالليل أساسا لأن شبكيتها تحوى عصي فقط في حين أن بعض الحيوانات النهارية مثل السناجب الرمامية فهي تحوى مخاريط .

الفصل العاشر

الغدد الصماء

Endocrine glands

تطور الحيوانات إلى تركيبات معقدة تحوى آلاف من الخلايا المختلفة التخصص تضمن تكوين أجهزة تحكم وتنسيق وتنظيم النشاط الخلوى . فسلالة ترتيب حركة العضلة مثل سهل الملاحظة لهذا التنظيم . وبنفس الأهمية ولكن أقل وضوحا هو تكامل التغيرات الكيموحيوية المتنوعة . وعادة ما تقسم أجهزة التكامل إلى قسمين هما الجهاز العصبى وجهاز الغدد الصماء . ويتم التنظيم عن طريق الغدد الصماء بواسطة مواد كيميائية تسمى الهرمونات تفرز بالدم الذى يحملها للعضو الهدف . وعادة ما تحتاج لوقت أطول لتقوم بفعالها مقارنة بسرعة عمل الجهاز العصبى . غير أن التنظيم الهرمونى غالبا ما يتضمن نطاق عمله بعض الوظائف التى يبدو أن دور الجهاز العصبى فيها ثانويا مثل عمليات التمثيل والنمو والتطور .

ورغم أن هذا التقسيم قد يكون مقبولا لو أخذنا فى الاعتبار الطرق المستعملة فى عمليات التنظيم ومرعيتها ، إلا أن جهازى الأعصاب والغدد الصماء يعملان فى الواقع كجهاز اتحادى واحد ولا يوجد انفصال قاطع بينهما . فالجهاز العصبى هو فى حد ذاته عضو داخلى الإفراز يسيطر على معظم وظائف الغدد الصماء ، وبالعكس فإن هرمونات عديدة تؤثر على الجهاز العصبى . كما أن كثيرا من العمليات الفسيولوجية مثل إنتاج اللبن والتناسل يتضح فيها مدى التناسق والتكامل بين جهازى التنظيم .

نظام الغدد الصماء

Organization of Endocrine glands

تعريف الهرمون Definition of hormone

الهرمون عبارة عن مادة كيميائية عضوية التركيب تفرز بواسطة مجموعة من الخلايا بكميات بسيطة وتنقل بواسطة الدم إلى العضو أو الأعضاء الهدف حيث تؤثر على معدل سير التفاعلات الحادثة فى هذا العضو أو النسيج ، وذلك عن طريق تأثيرها على الأنظمة الانزيمية الموجودة بالخلايا والتى تحكم تركيز وتفاعل الأيونات والجزيئات العضوية بالخلية .

ولفظ هرمون Hormone يونانى الأصل ويعنى المثبر أو المنشط وأول من استخدمه هو عالم الفسيولوجى الانجليزى ستارلنج Starling عام ١٩٠٥ بعد دراساته العديدة مع زميله بايلس Bayliss وذلك لوصف هرمون السكرتين Secretin المفرز من الأغشية المخاطية للأمعاء .

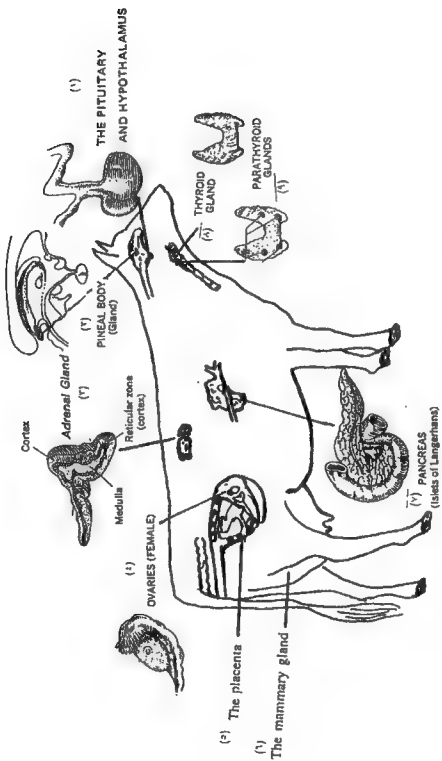
وتفرز الهرمونات من مجموعة من الغدد الصماء ... وهى الغدد عديمة القنوات Ductless glands ، التى تتكون من مجموعة متخصصة من الخلايا تقوم بتخليق مواد كيميائية يطلق عليها هرمونات ... تفرز فى الدم مباشرة . وهى تختلف عن الغدد خارجية الإفراز Exocrine glands مثل الغدد اللعابية التى ينقل إفرازها عن طريق قنوات الغدد الصماء الموجودة بالجسم (شكل ١٠ - ١) تضم :

- ١ - الغدة النخامية Pituitary gland .
- ٢ - الغدة الدرقية Thyroid gland .
- ٣ - الغدة الجاردرقية Parathyroid gland .
- ٤ - الغدة الجاركلوية Adrenal gland .
- ٥ - الغدد التناسلية Gonads (المبيض Ovary والخصية Testis) .
- ٦ - البنكرياس Pancreas .
- ٧ - القناة المعدية - المعوية .
- ٨ - الغدة اللبنية Mammary gland .

التركيب الكيماوى للهرمونات Chemical nature

تختلف الهرمونات فى تركيبها الكيماوى ، وأهم الأقسام الكيماوية للهرمونات هى :

- ١ - البروتينات والببتيدات Proteins & Peptides وهى تختلف حسب عدد الأحماض الأمينية بالسلسلة . فالهرمونات الببتدية هى تلك التى تحتوى على أقل من ١٠٠ حامض أمينى مثل الأنسيولين والكورتيكوتروبين والاكسيتوسين أما الهرمونات البروتينية فتحوى جزيئاتها على أكثر من ١٠٠ حامض أمينى مثل هرمون النمو والبرولاكتين وغيره .
- ٢ - مشتقات الأحماض الأمينية Amino acid derivatives وهى تضم هرمونات مثل الأدرينالين والثيرونكسين والسيروتونين وغيره .
- ٣ - الستيرويدات Steroids وهى الهرمونات التى تحتوى نواه لستيرويدية مثل هرمونات قشرة الأدرينال وهرمونات الجنس Sex hormones .



شكل ١٠١٠ : مواقع الغدد الصماء الرئيسية بالإنجليزية

(١) الغدة النخامية وتحت المهاد (٢) غدة المذكرة (٣) غدة المذكرة (٤) الغدة النخامية (٥) قنطرة (٦) غدة النخامية (٧) الغدة النخامية (٨) غدة النخامية (٩) غدة النخامية

٤ - مشتقات الأحماض الدهنية Fatty acid derivatives مثل هرمونات البروستاجلاندين Prostaglandins وهي مشتقات الحامض الدهنى الاراكيدونك .

عمل الهرمونات Action of Hormones

تقوم الهرمونات بعدة أفعال بالجسم أهمها :

١ - النمو والتطور Growth & Development يعتبر دفع النمو والتطور من الوظائف الهامة للهرمونات . وتساهم فى هذا العمل معظم الهرمونات (ماعدا هرمونات النخامية العصبية والكاتيكول امينات والهرمونات العصبية) . ومثال ذلك أن هرمون الثيروكسين يشجع نمو وتطور الحيوانات الصغيرة كما أن هرمونات الجنس مثل التستستيرون والاستروجين تشجع نمو الجهاز التناسلى . وافضل مثال على ذلك هو فعل هرمون النمو المشجع للنمو العام للجسم .

٢ - الاتزان البدنى Homeostasis ويعنى صيانة وثبوت الظروف الداخلية للحيوان مثل ثبات مستوى سكر الدم تحت الظروف الفسيولوجية والغذائية المختلفة ويقوم به عدة هرمونات مثل الانسولين والجلوكاجون وبعض هرمونات قشرة الادرينال . كما أن الحفاظ على مستوى الكالسيوم بالجسم يقوم به هرمونات مثل الباراثرمون والكالسيتونين والكولى كالسفرول . والاتزان البدنى بواسطة الهرمونات يحتاج ليس فقط نواتج العمليات الداخلية مثل الجلوكوز أو الكالسيوم ولكن ظروف البيئة الخارجية تحدث فعلا فسيولوجيا منظما من خلال تعديل إفراز الهرمونات عن طريق الجهاز العصبى .

٣ - تكامل الأحداث الفسيولوجية Intergration وهو من الأعمال التى يساهم فيها الجهاز العصبى مع الجهاز الهرمونى فمثلا عملية إخراج اللبن تتم بواسطة تنبيه عصبى يحدث عند الرضاعة وينتقل هذا التنبيه بواسطة الأعصاب لتحت المهاد الذى يفرز هرمون الأكتوسيميسين الذى يتحرر من الغدة النخامية الخلفية للدم الذى يحملها للغدة اللبنية حيث يشجع خروج اللبن . كما أن عملية التبويض فى الأرانب تتم بواسطة انتقال التنبيه الحادث عند التلقيح لتحت المهاد حيث يفرز هرمون محرر للجوندروتروبينات GnRH ينتقل للغدة النخامية الأمامية لتنبيه إفراز هرمون التبويض LH وينقله الدم للمبيض حيث يحدث التبويض .

طريقة فعل الهرمونات : Mode of action

بعد أن يتم تخليق الهرمون بالغدة قد يفرز مباشرة بالدم مثل هرمونات جارات الدرقية أو قشرة الادرينال ، أو قد يخزن بالغدة لحين الحاجة إليه مثل هرمونات الدرقية . وتوجد بعض الهرمونات بالدم مرتبطة ببروتين حامل خاص يساعد في نقله للأعضاء المختلفة ويقلل من هدم الهرمون ويعمل على توصيله للأعضاء بالقدر المناسب . ويلاحظ أن الهرمون لا يؤثر على جميع الأعضاء بدرجة واحدة بل يؤثر على نسيج أو أنسجة خاصة تسمى عضو هدف Target organ تتميز باحتوائها على المستقبلات Receptors الخاصة بالهرمون والتي تساعد على تفاعل الهرمون مع الخلايا . هذه المستقبلات توجد على غشاء الخلية كما في حالة الهرمونات البروتينية واللبينية أو توجد في نواة الخلية كما في حالة هرموني الثيرونكسين والاستروجين . وبعد أن يرتبط الهرمون بالمستقبل يقوم بفعله عن طريق أو أكثر من الطرق التالية :

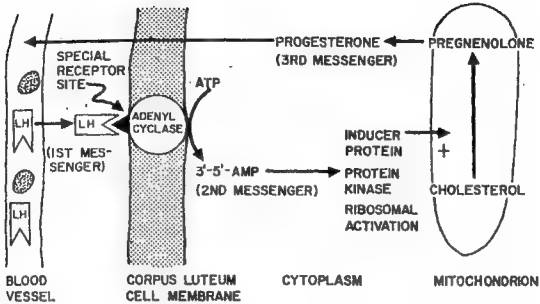
١ - يقوم الهرمون بتنشيط انزيم الادنيل سيكلاز Adenyl cyclase الذى يقع على السطح الداخلى لغشاء الخلية . هذا الانزيم يشجع تحول الادينوزين ثلاثى الفوسفات ATP إلى ادينوزين أحادى الفوسفات الحلقى Cyclic AMP (cAMP) (شكل ١٠ - ٢) الذى يقوم بالفعل الخاص للهرمون داخل الخلية مثل زيادة تخليق البروجستيرون بالجسم الأصغر تحت تأثير هرمون التبييض LH . وفي هذه الحالة يطلق على الـ LH الرسول الأول 1st messenger وعلى الـ cAMP الرسول الثانى 2nd messenger . وبعد أن يقوم cAMP بفعله يتحول عن طريق انزيم Phosphodiesterase إلى AMP غير نشط .

٢ - قد يقوم الهرمون بدخول الخلية والتأثير على جينات خاصة على كروموسومات النواة وتكون بروتين جديد معين (انزيم) . ومثال ذلك هرمون الاستروجين يؤثر على الرحم بهذه الطريقة (شكل ١٠ - ٣) .

٣ - قد يقوم الهرمون بزيادة نفاذة غشاء الخلية للمواد الكيماوية الموجودة بالدم مثل الجلوكوز والأملاح المعدنية والأحماض الأمينية . فمثلا هرمون الانسولين يزيد نفاذية الخلايا لجلوكوز الدم وبالتالي نقص مستواه بالدم .

تنظيم إفراز الهرمونات : Regulation of hormone secretion

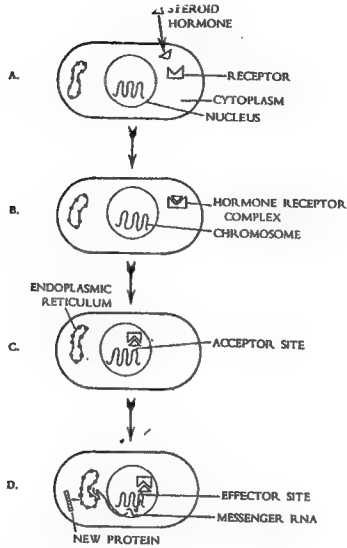
تفرز الهرمونات حسب حاجة الجسم لها مما يشير لوجود نظم تحكم تخليق وتحرر هذه الهرمونات أهمها :



شكل ١٠ - ٢ : مخطط يوضح كيفية عمل هرمون التبويض على تخليق البروجستيرون بخلايا المصو الهدف وهو الجسم الأصفر الذي يحتوي مستقبل خاص بروتيني يحتوي الاينيل سيكلز كأحد مكوناته . ارتباط هرمون التبويض بنجم عنه تنشيط الاينيل سيكلز وبالتالي تكوين cAMP الذي ينشط الازيم بروتين كيناز الذي يشجع تكوين البروجستيرون بواسطة الميتوكوندريا (عن مكغونالد وبيبلدا)

١ - التنظيم العصبى Neural Control . هرمونات الفص الخلفى للنخامية ونخاع الادريال تفرز استجابة للتنبيه العصبى ولذلك فإن إفرازها سريع . غير أن النخامية الأمامية تفرز هرموناتها استجابة للتنبيه العصبى عن طريق الهرمونات العصبية Neurohormones المفرزة من تحت المهاد . هذه الهرمونات بعضها يشجع الإفراز Releasing Hormones وبعضها يثبط الإفراز Inhibiting Hormones . هذه الهرمونات أو العوامل الهيبوثلامية عبارة عن ببتيدات بسيطة تنتقل من تحت المهاد خلال أوعية دموية خاصة مثل هرمون TRH المحرر للـ TSH فيتكون من ثلاثة أحماض أمينية ويزيد إفرازه مثلاً عند انخفاض درجة حرارة البيئة (شكل ١٠ - ٤) .

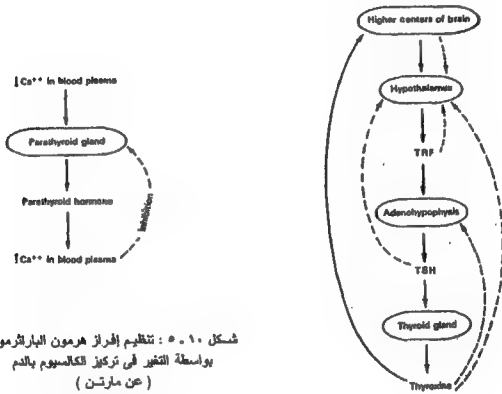
٢ - المورد الرجعى Feedback mechanism (servomechanism) . وهو نظام يشمل هرمونين فأحد الغدد تفرز هرمون ينبه غدة أخرى لإفراز هرمون ثانى وعند زيادة مستوى هذا الهرمون بالدم يثبط إفراز هرمون الغدة الأولى وتعتبر العلاقة بين غدد الدرقية ، قشرة الادريال والغدد الجنسية وغدة النخامية مثال لهذا



شكل ١٠ - ٣ : طريقة فعل الهرمونات الستيرويدية حيث تستطيع الستيرويدات دخول كل الخلايا غير أن الخلايا للهدف هي التي تحوي مستقبل خاص (A) يتحد مع الهرمون (B) . معقد المستقبل والهرمون يخترق النواة (C) ويتصل بمكان يقبله على كروموسوم يحتوي جينات (DNA) . وينتج تلك تخليق mRNA يعتمد على جين معين والذي يرحل للشبكة الاندوبلازمية (D) حيث يخلق مباشرة بروتين جديد (عن جرلفن وفوجيدا)

التنظيم . فمثلا عند إفراز الـ TSH من النخامية ينبه إفراز الثيروكسين من الغدة الدرقية الذى عند زيادته يقوم بردع النخامية لتقلل إفرازها من الـ TSH وهذا النظام يسمى المورد الرجعى السالب Negative feedback mechanism (شكل ١٠ - ٤) .

٣ - التنظيم الخلطى Humoral Control وهو يعنى أن تركيز مادة معينة بالدم خلاف الهرمونات ينظم إفراز هرمون معين . فمثلا : مستوى الجلوكوز بالدم ينظم إفراز هرمونات البنكرياس ومستوى الكالسيوم بالدم يحكم إفراز الغدة الجاردرقية (شكل ١٠ - ٥) .



شكل ١٠ - ٥ : تنظيم إفراز هرمون الباراثرمون بواسطة التغير فى تركيز الكالسيوم بالدم (عن مارتن)

شكل ١٠ - ٤ : التنظيم الهرمونى لإفراز الثيروكسين (الخط المستمر تنبيه أما الخط المنقطع تثبيط) (عن مارتن)

الغدة النخامية وتحت المهاد (الهيبوثلاماس)

Hypophysis Cerebri (Pituitary) And Hypothalamus

الغدة النخامية وتحت المهاد شديدا الارتباط ببعضهما تشريحيًا ووظيفيًا . ف تحت المهاد من خلال الغدة النخامية الأمامية ينظم العديد من الغدد الصماء الأخرى كما أنه مركز لعدد كبير من الأفعال اللا إرادية الهامة .

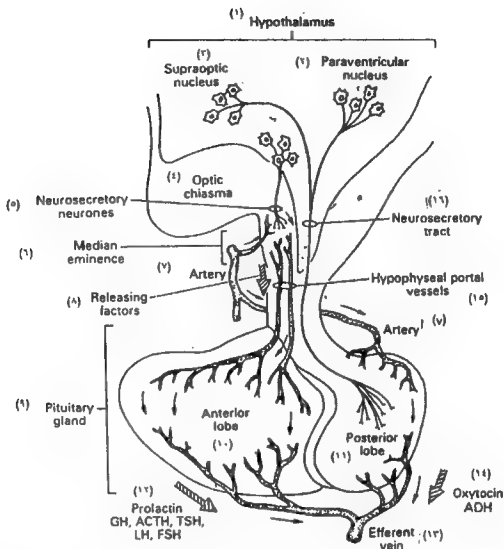
وتقع الغدة النخامية فى تجويف عظمى خاص يوجد بقاع الجمجمة يسمى المرج التركى Sella Turcica وتتصل بتحت المهاد (الهيبوثلاماس) عن طريق جرز Stalk تمر خلاله الأوعية الدموية المغذية للغدة وكذلك حزم الألياف العصبية القادمة من الخلايا العصبية التى تكون بعض نوايا تحت المهاد .

تحت المهاد (الهيبوثلاماس) Hypothalamus

تحت المهاد عبارة عن جزء من الدماغ البينى ويشكل قاع البطين الثالث 3rd Ventricle ، وهو يشمل عادة التقاطع البصرى Optic Chiasma ، الانتفاخ المنبرى Tuber Cinereum ، الأجسام الماملية Mammillary bodies ، البروز المتوسط Median Eminance ، القمع Infundibulum والنخامية العصبية Neurohypophysis . والجزئين الأخيرين يندمجا أيضا تحت الغدة النخامية رغم ارتباطهما من ناحية المنشأ والوظيفة بتحت المهاد وذلك لارتباطهم مع النخامية الغدية مكانيا وتشريحيًا .

أنسجة تحت المهاد تتكون من نسيج ضام عصبى وألياف عصبية وخلايا عصبية . وبين البرز المتوسط والنخامية العصبية تجرى الألياف العصبية فى حزم متوازية خلال الجرز العصبى حيث تنتهى غالبا بالنخامية العصبية . ومصدر هذه الألياف غالبا مجموعتين من الأنوية الهيبوثلامية هما النواة فوق بصرية Supraoptic nuclei والجاربطينية Paraventricular nuclei والافرازات العصبية يمكن ملاحظتها بداخل الأكسونات أثناء انتقالها من تحت المهاد (شكل ١٠ - ٦) .

المواد الإفرازية لتحت المهاد تتكون من عدة هرمونات عصبية Neurohormones ذات وزن جزيئى صغير بالإضافة إلى هرمونى النخامية العصبية (الاكسيتوسين والفازوبرسين) . وهذه الهرمونات العصبية يفرز منها نوعين :هرمونات محررة



شكل ١٠ - ٦ : تركيب الغدة النخامية والهرمونات المفرزة منها وطريقة إتصالها بمنطقة تحت المهاد بالدماع
(عن ميفام)

(١) تحت المهاد (٢) نواة جاريبوتنية (٣) نواة فوق بصرية (٤) للقطع البصري (٥) خلايا عصبية افرازية (٦) البروز المتوسط (٧) شريان (٨) عروق مجرى (٩) غدة نخامية (١٠) فص أمامي (١١) فص خلفي (١٢) هرمونات النخامية الأمامية (١٣) وريد خارج (١٤) هرمونات النخامية الخلفية (١٥) أربعة نخامية بابية (١٦) معر الاثر لثبات التعصبية

Releasing hormones وهرمونات مثبطة Inhibiting hormones . ولقد تم عزل وتخليق ٦ هرمونات محررة لهرمونات النخامية الأمامية وهم المنبه للثيروتروبين TRH ، المنبه لهرمون النمو GH-RH ، المنبه للكورتوتروبين CRH ، المنبه للبرولاكتين PRH ، المنبه للجوناك وتروبينات GnRH ، المنبه لمخلق الميلاتين MSH-RH ، وكذلك عزل هرمونين مثبطين هم المثبط لهرمون النمو GH-IH والمثبط للبرولاكتين PIH . تنظيم

إفراز هرمونات تحت المهاد يتحكم فيه عاملين على الأقل : (١) الجهاز العصبي المركزي فالضغوط والمثيرات العصبية والعوامل البيئية تعمل من خلال الجهاز العصبي لتعديل وظائف تحت المهاد - النخامية . (٢) المورد الرجعي حيث أن الهرمونات المفرزة من الغدد الهدف مثل الدرقية أو الأدرينال أو الغدد الجنسية إستجابة لهرمونات النخامية المشجعة Trophic hormones تعمل رجعيا على تحت المهاد والنخامية لنقل من إفراز هرمونات النخامية المشجعة لهذه الغدد (مورد رجعي طويل Long Feedback loop) أو أن هرمونات النخامية المشجعة (التروپينية) تقوم بنفسها بتنشيط إفرازات تحت المهاد المحررة (مورد رجعي قصير Short feedback Loop) . ولذلك يوصف تحت المهاد بأنه مايسترو أوركسترا العمليات الفسيولوجية .

الغدة النخامية Pituitary gland :

الغدة النخامية من أهم غدد الجسم وتتكون من جزئين هم النخامية العصبية (الخلفية) Neurohypophysis والنخامية الغدية (الأمامية) Adenohypophysis . والأخيرة قد تضم فصين في بعض الحيوانات . ويبلغ وزن الغدة النخامية نحو ٥ - ٧ جم في الإنسان ، ٥ - ٧ جم في الأغنام ، ١٥ - ٢ جم في الماشية ونحو ٨ - ١٠ مجم في الفئران .

تركيب الغدة Structure :

النخامية الغدية Adenohypophysis تقع أمام النخامية العصبية وتنقسم إلى ثلاثة أجزاء : الفص الطرفي Pars distalis ، الفص الأنبوبي Pars tuberalis والفص المتوسط Pars intermedia . الفص الطرفي يضم غالبية النخامية الغدية ويتكون من أحبال متفرعة من الخلايا التي تنفصل عن بعضها بواسطة تجاويف دموية . الفص الأنبوبي يتكون من طبقة من الخلايا تحيط بالجزع العصبي Neural stalk في حين أن الفص المتوسط يتكون من طبقة من الخلايا مجاورة للنخامية العصبية . وعلى أساس طرق الصبغ العادية فإن خلايا النخامية الغدية تنقسم إلى خلايا حامضية Acidophils (٣٧ ٪) وخلايا قاعدية Basophils (١٣ ٪) وخلايا عديمة الصبغ Chromophobes (٥٠ ٪) وذلك اعتمادا على وجود أو غياب حبيبات ذات قدرة لجذب صبغات معينة . غير أنه ثبت حديثا أن الغدة تحتوي خلايا مفرزة للهرمون النمو Somatotrophs ، خلايا مفرزة للهرمون المنبه لقشرة الأدرينال Corticotrophs خلايا مفرزة للهرمون المشجع لبناء الدهون Lipotrophs ، خلايا مفرزة للبرولاكتين Mammatrophs ، خلايا مفرزة للهرمون المشجع للدرقية Thyrotrophs وخلايا مفرزة للهرمونات المشجعة للغدد الجنسية Gonadotrophs . ولا يوجد هناك خلايا

لا تقبل الصبغ ولكن توجد خلايا تحتوى القليل أو الكثير من الحبيبات .

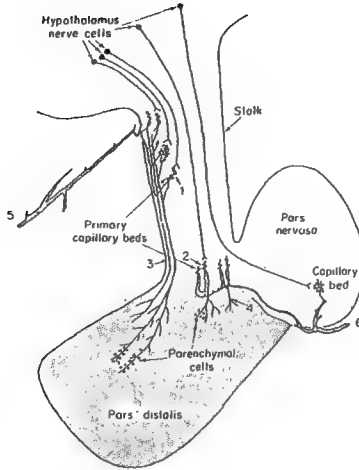
النخامية العصبية Neurohypophysis تقع خلف النخامية الغدية وذلك يطلق عليها النخامية الخلفية Posterior Pituitary وهي تتكون من خلايا ضامة عصبية تسمى بيتوسيت وكذلك ليفات عصبية تقع خلاياها فى تحت المهاد وتنتهى فى النخامية . وتفرز الغدة هرمونين أولهما الهرمون المضاد للتبول Antidiuretic hormone (ADH) أو الفازوبرسين Vasopressin والثانى هو الاكسيتوسين Oxytocin . والهرمونين يتم تخليقهم بالهيبوثلاماس ثم يرحلا عبر الممر الهيبوثلامى النخامى Hypothalamo-Hypophysial tract للنخامية العصبية حيث يخزنا أو ينحرا بالدم .

التغذية الدموية Blood supply

يتم تمويل الغدة بالدم بواسطة دم شريانى وأتيتها من الشريان النخامى الظهرى (العلوى) والبطنى (السفلى) Dorsal (Superior) & Ventral (Inferior) hypophysial artery الذى يحمل الدم للنخامية الغدية والعصبية على الترتيب . الدم الوريدى الآتى من تحت المهاد يدخل للنخامية من مرقدين وعائيين Capillary beds أحدهما يقع فى البروز المتوسط والآخر أسفل جزع النخامية والنخامية العصبية . هذا الدم يتجمع فى مجموعتين من الأوردة المتوازية تجرى أسفل السطح الأمامى لجزع النخامية لتصفى الدم فى التجاويف الوعائية للفص الطرفى . الجزء البطنى والمركزى من الفص الطرفى يتلقى الدم من الأوعية البابية الطويلة فى حين أن التجاويف Sinusoids التى تتلقى الدم من الأوعية القصيرة فتكون محصورة فى المناطق الظهرية أو السطحية . هذا يشكل النظام النخامى البابى الذى يمثل الصلة الخلطية بين تحت المهاد والمراكز العصبية العليا بالدماغ والنخامية الغدية (شكل ١٠ - ٧) .

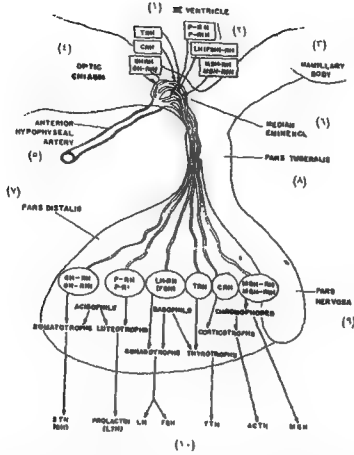
تنظيم نشاط الغدة النخامية : Control of pituitary Function

نشاط الفص الغدى للنخامية يخضع أساسا لعاملين منظمين هما التنظيم العصبى Neural control والتنظيم الخلطى Humoral control (المورد الرجعى) . التنظيم العصبى يتضمن تحرر هرمونات من تحت المهاد تقوم بتشجيع أو تثبيط تحرر هرمونات النخامية الغدية . ولقد أمكن عزل بعض الهرمونات المشجعة للإفراز مثل المشجع لهرمون النمو ، البرولاكتين ، الثيروتروبين ، الكورتيكوتروبين والجونا وتروبينات كما تم تخليق بعض هذه الهرمونات مثل المشجع لتحرر الثيروتروبين TRH والمشحج



شكل ١٠ - ٧ : يوضح للتمويل الدموي تحت المهاد والنخامية والذي يمثل اتصالا وعائيا عصبيا بينهما : ١ - مرقد وعائي أول يجزع النخامية ، ٢ - مرقد وعائي بالنهاية السفلى لجزع النخامية ، ٣ - أوعية بابية طويلة ، ٤ - أوعية بابية قصيرة ، ٥ - الشريان النخامي الطوي ، ٦ - الشريان النخامي السفلي (عن بول وأخرون)

لتحرر الجوناد وترويبينات GnRH وعرف أنها تتكون من عديد ببتيد يحوى ١٠,٣ أحماض أمينية على الترتيب واستخدمت فى النواحي التطبيقية . ومن جهة أخرى أمكن عزل بعض الهرمونات المثبطة لتحرر هرمونات النخامية الغدية مثل مثبط هرمون النمو GHIH (السوماتوستاتين) ومثبط البرولاكتين PIH والمثبط لتحرر الميلانين MIH . ونفرز هذه الهرمونات من تحت المهاد تحت تأثير العوامل المنبهة المختلفة مثل تغيرات درجات الحرارة ، الضوء ، الضوضاء وغيرها وتنقل عبر الأوعية البابية إلى النخامية الغدة (شكل ١٠ - ٨) . العامل الآخر المنظم للنخامية الغدية هو التنظيم الرجعى ويتضمن تغير إفراز هرمونات النخامية تبعاً لمستوى الهرمون المفرز من غدة هدف . فإفراز



شكل ١٠. أ : تنظيم نشاط الغنخامية الخلفية بواسطة الهرمونات المحررة RH والهرمونات المثبطة RH التي تخلق تحت المهاد وتمر عبر الجزوع العصبية الخلفية للخلايا المتخصصة بالغنخامية الخلفية لتنظم سرعة إفراز الهرمونات .

(١) قباطين الثالث (٢) هرمونات تحت المهاد (٣) الجسم القلبي (٤) القنطرة البصرية (٥) الشريان القنطاري (٦) القنطرة المتوسطة (٧) قنطاري الطرفي (٨) القنطاري الأمامي (٩) القنطاري الخلفي (١٠) هرمونات الغنخامية الخلفية

الهرمون المشجع للعويصلات البويضية FSH يتناسب عكسياً مع مستوى الاستروجينات بالدم في حين أن إفراز هرمون التبويض LH يتناسب عكسياً مع مستوى البروجسترون . كذلك فإن مستوى الكورتيكوتروبين ACTH والثيروتروبين TSH يتناسب عكسياً مع مستوى الكورتيكوستيرويدات والثيروتوكسين المفرزين من فترة الادرنال والدرقية على الترتيب .

بالنسبة للغنخامية العصبية فقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك في أن هرموناتها (الغازوبرومين والاكسينوسين) تخلق أساساً في تحت المهاد وتمر عبر الألياف

العصبية للنخامية العصبية حيث تخزن فيها لحين الحاجة إليها . ولقد تأكد ذلك من أن نقل النخامية العصبية أو قطع الجزر العصبى لا يتبعه ظهور أعراض نقص هرمونات الغدة فى حين أن تخريب تحت المهاد يؤدي لظهور هذه الأعراض .

وعلى ذلك فإن الغدة النخامية من الأعضاء ذات الاستقلال الذاتى المحدود وعند فصلها من الارتباط المباشر مع الجهاز العصبى يفقدها جزءا كبيرا من كفاءتها .

هرمونات الغدة النخامية Hormones of pituitary gland :

الغدة النخامية توصف عادة بأنها العازف الأول فى اوركسترا العمليات الفسيولوجية المختلفة بجسم الكائن الحى . وذلك عن طريق ما تفرزه من هرمونات تساهم بشكل مباشر أو غير مباشر فى توجيه مختلف الأنشطة الحيوية الهامة للكائن الحى . وهرمونها تشمل هرمون النمو ، هرمون البرولاكتين (المدر للبن) الهرمون المنبه للحويصلات المبيضية ، هرمون التبويض ، الهرمون المنبه للدرقية ، الهرمون المنبه لقشرة الادرينال والهرمون المنبه لتكوين الدهون . ويفرز الفص الأوسط للنخامية الهرمون المنبه للميلانين ، فى حين يفرز الفص الخلفى هرمونى الاكستوسين والفازوبروسين .

هرمونات النخامية الأمامية

١ - هرمون النمو (GH) Growth hormone :

أو الهرمون المنبه لخلايا الجسم (Somatotrophic hormone (STH وهو عبارة عن بروتين يتكون جزيئه من سلسلة من الأحماض الأمينية يبلغ طولها فى الإنسان نحو ١٩١ حامض أمينى ويحتوى رابطتين ثنائية الكبريت . ومعاملة الهرمون ببعض الانزيمات المحللة ينتج عنها بعض المقاطع من الهرمون تتميز بصفات بيولوجية مشجعة للنمو أو لإفراز اللبن تفوق تأثير الهرمون الكامل مما يشير إلى أن جزيئى الهرمون الكامل لا يبدوا ضروريا لفعله البيولوجى . كما أن الهرمون يقوم بتنشيط تكوين ببندبات خاصة فى الكبد تسمى السوماتومدين Somatomedin C أو العامل المشجع للنمو شبيه الانسولين (IGF-I) Insulin like growth Factor الذى كان يسمى سابقا عامل الكبريتة Sulfation factor وينشط احتجاز الكبريت المعلم وتخليق البروتينات والأحماض النووية بالغضاريف . ونشاط هذا المركب غالبا ما يتناسب طرديا مع نشاط النخامية مما

دعا لإستخدامه كأحد الوسائل البيولوجية لتقدير هرمون النمو .

يقوم هرمون النمو بتشجيع نمو الجسم كله عن طريق زيادة عدد وحجم الخلايا .
ويمكن تلخيص فعل هرمون النمو فى النقاط التالية :

١ - هرمون النمو يشجع تخليق البروتينات وكذلك زيادة عدد وحجم الخلايا وبالتالي زيادة وزن الحيوان وذلك فى وجود الكميات الكافية من الانسولين والكربوندرات . ويؤدى هرمون النمو لخفض تركيز الأحماض الأمينية بالبلازما لاستخدامها فى تخليق البروتين بالأنسجة . كما أنه يشجع إفراز اللبن فى الحيوانات الحلابة .

٢ - التأثير المحدث لمرض السكر Diabetogenic effect فالهرمون يرفع مستوى السكر بالدم الذى يؤدى فى النهاية لمرض السكر الدائم . وهذا يرجع إلى تنبيه إفراز الجلوكاجون من البنكرياس مما يعمل على تحليل الجليكوجين فى الكبد . أو أن الهرمون يؤدى لإجهاد خلايا بى البنكرياسية (بعد فترة من التنبيه) وهو ما يؤدى لنقص إفراز الانسولين . وقد يؤدى الهرمون لنقص قدرة خلايا الأنسجة على الاستفادة بالجلوكوز بسبب تثبيط إنزيم الجلوكوكيناز Glucokinase .

٣ - التأثير المحرك للدهون من مخازنها بالجسم وزيادة أكسدها للإنتاج الطاقة وهذا يحدث عند نقص الأنسولين .

٤ - تشجيع نمو العظام من خلال تشجيع تكاثر خلايا النهايات العظمية الغضروفية ويشجع إلتئام العظام المكسورة وهو ما يعزى لزيادة احتجاز الكالسيوم والفوسفور .

٢ - البرولاكتين (المدر للبن) Prolactin

البرولاكتين هرمون بروتينى يتكون من سلسلة أحماض أمينية تحوى ١٩٨ حامض (الأنغام) ويوجد بالسلسلة ٣ روابط ثنائية الكبريت . وهناك تشابه تركيبى ووظيفى بينه وهرمون النمو .

يقوم الهرمون بعدة وظائف أهمها :

١ - يساهم الهرمون فى تنبيه نمو الغدة اللبنية وإفراز اللبن كذلك يقوم الهرمون بحفظ بقاء الجسم الأصفر وإفراز البروجسترون خلال الحمل خاصة فى الحيوانات ذات

الحمل الكاذب مثل القوارض وكذلك فى الأغنام . كما أن الهرمون له دور رئيسى فى إظهار ملوك الأمومة .

٢ - يساهم الهرمون فى إنزنان الماء والأملاح بالجسم حيث يشجع إعادة امتصاص الصوديوم بالوحدات البولية للكلية ولذلك يساعد الأسماك فى الانتقال بين الماء العذب والماء المالح . كما أن الهرمون يؤثر على الدم فيزيد حجمه ويقلل ضغطه الأسموزى .

٣ - يؤثر الهرمون على النمو والميتابولزم حيث يشجع نمو الخلايا الجسمية وكذلك بناء البروتين والدهون . وللهرمون تأثير محدث للمسكر Diabetogenic عن طريق زيادة سكر الدم . ويشجع الهرمون إنسلاخ الجلد فى الزواحف وقلش الريش فى الطيور ونمو الصوف فى الأغنام .

٣ - الهرمون المنبه للغدة الدرقية (TSH) Thyroid Stimulating hormone

عبارة عن جليكوبروتين يتكون جزيئة من مقطع بروتينى وآخر كربوئدراتى . المقطع البروتينى يتكون من سلسلتين من الأحماض الأمينية بينهما عدة روابط ثنائية الكبريت . السلسلة الأولى الفا α -TSH تتكون من ٩٦ حامض أمينى (فى الماشية) وبها ٦ روابط ثنائية الكبريت وهى متشابهة مع تلك الموجودة فى الـ FSH & LH . السلسلة الثانية - بيتا B-TSH تتكون من ١١٠ حامض أمينى وهى المسؤولة عن الارتباط مع المستقبلات والنشاط البيولوجى للهرمون والجزء الكربوئدراتى من الهرمون غالبا ما يكون الجلاكتوزامين .

فعل الهرمون مرتبط أساسا مع الغدة الدرقية حيث يقوم بتنبيه نمو وتطور الغدة ويحكم معدل إفراز هرموناتها وكذلك مرور الدم خلالها . فهو يعمل على تنبيه نمو الغدة الدرقية وتطور الحويصلات الإفرازية بها وزيادة سمك خلايا الطبقة المحيطة بالحويصلات . كما أن الهرمون ينبه تخليق وإفراز هرمونات الدرقية (T_3 , T_4) حيث أن جميع مراحل تمثيل اليود بداخل الغدة ينبهها الهرمون وذلك من خلال نظام أنزيم الاذليل سيكلاز - الادينوزين أحادى الفوسفات الحلقى .

٤ - الهرمون المنبه لقشرة الادرينال (ACTH) Adrenocorticotrophic hormone

الكورتيكوتروپين ACTH عبارة عن سلسلة ببتيدية تحوى ٣٩ حامض أمينى . وهناك اختلاف بسيط فى تركيب جزئى الهرمون المفرز فى الحيوانات المختلفة ويقع فى

الأحماض الأمينية الواقعة بين ٢٥ - ٣٣ . وهذا المقطع غير ضرورى للفعل البيولوجي للهرمون المتمركز فى المقطع ١ - ٢٠ وهو متماثل فى جميع الحيوانات . ولقد ظهر أن الهرمون يخلق من بادهى Proopiomelanocortin (POMC) يضم نحو ٢٣٩ حامض أميني + ٢٦ حامض دليلى وذلك فى المخ والنخامية . وفى المخ يتخلق من هذا البادهى الكورتيكوتروبين (المقطع ١ - ٣٩) والببتا اندورفين B-endorphin (المقطع ٦١ - ٩١) والميتانكفالين Met-enkephalin (أول خمسة أحماض من الببتا أندورفين) . وهذه المركبات عبارة عن ببندات مخدرة طبيعية يفرزها المخ عند تعرضه للألم والضغط . وفى النخامية الوسطى فإن البادهى يتحول بصورة أخرى فإن الروابط الببتيدية فى تسلسل الكورتيكوتروبين تنقسم بين موضع ١٣ و ١٨ منتجة Corticotropin-like (١ - ١٣ من ACTH) وببتيد مشابه للكورتيكوتروبين peptide (CLIP) (١٨ - ٣٩ من ACTH) .

يقوم هرمون الكورتيكوتروبين بوظائف عديدة أهمها تلك المرتبطة بغدة الأدرينال ، حيث ينبه نمو وتطور قشرة الأدرينال ويتحكم فى نشاطها . وتأثيره لا يشمل المنطقة المكبية من الغدة Zona glomerulosa وبذلك فهو ينبه تخليق وإفراز هرمونات قشرة الأدرينال السكرية . وتأثيره قليل على إفراز الالدوستيرون . وهناك وظائف أخرى للهرمون تشمل تشجيعه لحركة وأكمدة الدهون وكذلك تجميع صبغة الميلانين بالجلد .

٥ - الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotrophic hormones

تفرز الغدة النخامية هرمونين ينظما نمو ونشاط الغدد التناسلية فى الأنثى (المبيض) وفى الذكر (الخصية) وهما الهرمون المنبه للحويصلات Follicle Stimulating hormone (FSH) وهرمون التبويض Luteinizing hormone (LH) أو المنبه للخلايا البينية للخصية Interstitial cell stimulating hormone (ICSH) . وهذه الهرمونات جليكوبروتينية ويتركب الجزئى من سلسلتين من الأحماض الأمينية يرتبطا معا بروابط ثنائية الكبريت . السلسلة الأولى - الفا تتكون من نحو ٨٩ حامض أميني فى ال FSH ونحو ٩٦ فى ال LH . أما السلسلة الثانية بيتا فتحتوى نحو ١١٥ - ١٢٠ حامض أميني فى ال FSH ونحو ١١٥ حامض أميني فى ال LH . المقطع الكربوندى المرتبط بهذه السلسلة يغلب عليه سكر الجلوكوز أو الجلاكتوز وهو ضرورى للنشاط الحيوى للهرمون . ونصف عمر هذه الهرمونات يبلغ نحو ١٥ - ٣٠ دقيقة .

توجد هرمونات أخرى لها نشاط مشابه لفعل الجونادوتروبينات ولكن تفرزها

المشيمة خلال الحمل ، مثل هرمون بول السيدات الحامل Human chorionic gonadotropine (HCG) وفعله مشابه لفعل الـ LH . ويظهر بعد ٩ أيام من الحمل . ويفرز كذلك من المشيمة هرمون سيرم الأفراس الحامل (PMS) وله فعل مشابه لمخلوط LH + FSH وإن كان يميل لـ FSH . ويظهر بعد ٤٠ يوم من الحمل . وهذه الهرمونات لها نصف عمر أطول من جونا و تروبيونات النخامية ربما يبلغ نحو ٨ ساعات .

يمكن تلخيص فعل جونا و تروبيونات النخامية فى الآتى :

(أ) الهرمون المنبه للحويصلات FSH . يقوم فى الذكور بزيادة وزن الخصية وتنبيه عملية تكوين الحيوانات المنوية وخاصة فى المراحل الأولى . وفى الإناث ينبه المراحل الأولى لنمو وتطور حويصلات المبيض ويشجع إفراز الاستروجينات منها وهو لا يستطيع إكمال نضج الحويصلات والتبويض بمفرده ..

(ب) هرمون التبويض LH يقوم فى الذكور بتشجيع إفراز هرمون التستستيرون من الخلايا البينية بالخصية والذى بمساعدته يستكمل تكوين الحيوانات المنوية والمحافظة على النشاط الجنسى . أما فى الإناث فيقوم (مع الـ FSH) بانضاج حويصلات المبيض وتنبيه إفراز الاستروجينات منها . كما يقوم بإحداث التبويض والمساعدة فى تكوين الجسم الأصفر وتشجيع إفراز البروجستيرون منه .

ورغم اختلاف تأثير FSH والـ LH فانهما يتعاونان معا بطريقة تكاملية فمثلا فى الذكور يكون تأثير المعاملة بالـ FSH ضئيل على الأنسجة البينية بالخصية وإضافة LH معه بسبب زيادة إنتاج الخصية عما لو كانت المعاملة بهرمون LH بمفرده . كذلك فى الإناث تكون المراحل الأولى لتطور الحويصلة الأولية إلى ثانوية مستقلة عن تأثير الـ FSH الذى يكون عمله قاصرا على تنبيه انقسام جدر الحويصلات وتراكم السائل الحويصى بداخلها . وتسبب استمرار المعاملة بالـ FSH زيادة عدد الحويصلات المتطورة للنضج (دون زيادة سرعة تطورها) ولكن حجم ووزن المبيض وسرعة تطور الحويصلات يزيد مع إضافة كميات متزايدة من الـ LH وهذا يدل على أن الهرمونين يعملان معا بطريقة تكاملية ويحتمل بأن أحدهما لا يعمل بدون تأثير الآخر .

٦ - الهرمونات المنبهة لتكوين الليبيدات Lipotrophic hormones

تفرز الغدة النخامية الأمامية هرمونين لهم القدرة على بناء وحركة الدهون . الأول

بيتا الليبوتروفين B-lipotrophin (B-LPH) يحتوى على ٩٠ حامض أميني والثاني جاما لليبوتروفين γ -lipotrophin (γ -LPH) يحتوى على ٥٨ حامض أميني وهو عبارة عن جزء من الـ B-LPH . السبعة أحماض الأولى من الـ LPH عبارة عن الأحماض الموجودة في الـ ACTH والـ MSH مما يجعل لهذه الهرمونات فعل مشابه مشترك ويلاحظ أن قدرة الببتا الليبوتروفين تبلغ ضعف قدرة الجاما الليبوتروفين في تشجيع بناء الدهون .

وجود معظم الأحماض الأمينية المكونة للببتا - اندروفين والميتانكفيلين كجزء من تركيب الببتا لليبوتروفين واكتشاف المستقبلات المخدرة بالجهاز العصبي المركزي يوحي بأن هذا الهرمون يعمل كبادئ هرموني للمخدرات الطبيعية داخلية الإفراز . ونظرا لأن الببتا الليبوتروفين والكورتيكوتروفين يفرزا استجابة لنفس المؤثرات ، لذلك يحتمل أن هذه المخدرات تفرز طبيعيا إستجابة للضغوط لتقليل الإحساس بها .

هرمونات النخامية الوسطى Hormones of Intermediate Pituitary

وجود فص وسطي مستقل بالنخامية لم يثبت في الثدييات ولكنه يوجد في الزواحف والبرمائيات . ويبدو أن الخلايا المفردة لمنبه قشرة الأدرينال تقوم بإفراز هرمون النخامية المنبه للخلايا الصبغية (MSH) Melanocyte Stimulating Hormone وهذا الهرمون يوجد منه صورتين ألفا α -MSH وبيتا β -MSH . الأولى تحوي ١٣ حامض أميني متماثلة في جميع الثدييات وتشابه الثلاثة عشر حامض أميني الأول في هرمون الـ ACTH أما الصورة الثانية فتحوي ١٨ حامض أميني في معظم الثدييات و٢٢ حامض أميني في الإنسان .

ويؤدي الهرمون لقائمة لون جلد الحيوانات عن طريق تنبيه تخليق صبغة الميلانين Melanin وانتشارها بخلايا الجلد . وفعالية صورة الالفا تبلغ ٢ - ٥ مرات قدر فعالية صورة الببتا . تنظيم إفراز هرمون الـ MSH يتم عن طريق تحت المهاد حيث أمكن استخلاص هرمون مثبط للإفراز $\text{MSH} - \text{IH}$ (يتكون من ثلاثة أحماض أمينية هي بروتين ليوسين جليسين) ويوجد هرمون آخر مشجع للإفراز $\text{MSH} - \text{RH}$. ويتم إفراز هذه الهرمونات تحت العوامل البيئية المختلفة . فالضفادع الموجودة في البيئة المضئية تكتسب لون الجلد الفاتح وذلك لتجمع حبيبات الصبغة عند مراكز الخلايا الصبغية . وقائمة لون الجلد تحدث عند وضع الحيوانات في بيئة مظلمة . والحيوانات منزوعة النخامية لا تتأقلم مع تغير الإضاءة مما يثبت أن ذلك يتم من خلال محور تحت المهاد . النخامية .

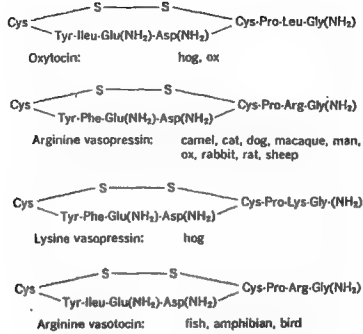
وإفراز الـ MSH يقل بفعل هرمونات الأدرينال (الأدرينالين - هرمون القشرين السكرى) وذلك ففى حالة مرض اديسون بالإلتمان يزيد إفراز الـ MSH بسبب نقص إفراز هرمونات الأدرينال مما يؤدى لقتامة لون الجلد . الاستيل كولين يشجع إفراز MSH-RH وبالتالي يشجع إفراز الـ MSH . هرمون الميلاتونين Melatonin المفرز من الغدة الصنوبرية يزيد إفراز الـ MSH - IH . MSH بالتالى نقص إفراز الـ MSH من النخامية .

هرمونات النخامية الخلفية Hormones of Posterior Pituitary

تفرز الغدة النخامية الخلفية هرمونين هما الفازوبرسين Vasopressin أو الهرمون المضاد للتبول Antidiuretic hormone (ADH) وهرمون الاكسيتوسين Oxytocin . ويتم تخليقهم تحت المهاد ثم يرحلا عبر الممر الهيوثلامى النخامى للنخامية الخلفية حيث يخزنا أو يتحررا بالدم . والذي يؤكد ذلك هو : (١) وجودهما فى تحت المهاد بكميات محسوسة و(٢) تنبيه تحت المهاد يتبعه تحرر كلا الهرمونين و(٣) إتلاف تحت المهاد يؤدى لحدوث مرض الادرار البولى Diabetes insipidus و(٤) الإزالة الكاملة للنخامية الخلفية لا ينجم عنها مرض الادرار البولى الدائم . ورغم هذا فإن هذين الهرمونين يطلق عليهم هرمونات النخامية الخلفية .

يتركب كلا الهرمونين من عديد بيتيد يحوى ٩ أحماض أمينية (شكل ١٠ - ٩) . والاكسيتوسين متشابه التركيب فى الثدييات المختلفة . الفازوبرسين يختلف فى بعض الثدييات فغالبية الثدييات تحوى ارجنين فازوبرسين (الموقع ٨ به حامض الارجنين) فى حين أن الخنازير تحوى ليسين فازوبرسين (الموقع ٨ به حامض الليسين) . وتفرز الأسماك والطيور فازوتوسين له فعل مشابه للفازوبرسين (الموقع ٨ من الاكسيتوسين به حامض ارجنين) .

الفعل الرئيسى للفازوبرسين هو تنظيم الاتزان المائى من خلال فعله على الكلية أما تأثيراته الأخرى فتنتج مع الجرعات العالية منه . حيث يقوم الهرمون بتشجيع إعادة امتصاص الماء من القنوات البولية الطرفية والمجمعة وذلك بالعمل على زيادة نفاذية أغشيتها عن طريق توسيع ثيوب الغشاء . ويعتبر نقص حجم الدم أو زيادة الضغط الاسموزى للبلازما كما يحدث عند العطش من العوامل الأساسية فى تحرر الفازوبرسين حيث تؤثر على مستقبلات الضغط الاسموزى بتحت المهاد مؤدية لتحرر الفازوبرسين من النخامية الخلفية والذي يؤثر على الكلية فيؤدى لتقليل حجم البول وإعادة التوازن المائى بالجسم . والعكس يحدث عند شرب الماء الذى يؤدى لزيادة حجم الدم ونقص



شكل ١٠ - ٩ : تركيب هرمونات الأكسيتوسين ، الفازوبرسين والفازوتوسين

ضغطه الاسموزى مما يعمل على تنبيه القلب لإفراز هرمون أو عامل إخراج الصوديوم Atrial natriuretic factor (ANF) الذى يعمل على تحت المهاد فيقل إفراز الفازوبرسين على الكلية فيشجع إخراج الماء والصوديوم حتى يصل الجسم لحالة الإتزان المائى .

وظائف الأكسيتوسين تتركز أساسا فى فعله على الغدة اللبنية والرحم ، حيث يشجع الأكسيتوسين خروج اللبن من الضرع عند الرضاعة أو الحليب ويتم ذلك بتنبيه الخلايا الطلائية العضلية المحيطة بحويصلات اللبن . وبدون الأكسيتوسين فإن كمية بسيطة من اللبن يحصل عليها عند الرضاعة . ولا يؤثر الأكسيتوسين مباشرة على إفراز اللبن ولكن تنبيه الهيوثلاماس الناتج عن الرضاعة ربما يشجع إفراز البرولاكتين و / أو أن الأكسيتوسين يشجع إفراز البرولاكتين بالتالى يزيد إفراز اللبن . بالإضافة لذلك يقوم الأكسيتوسين بتشجيع الانقباضات الرحمية التى تلعب دورا هاما فى إنهاء الحمل وبدأ الولادة كذلك يقوم بمنع النزيف عقب الولادة بقلل الأوعية الدموية المقطوعة بواسطة انقباض حويصلات الرحم وعلى المساعدة فى رجوع الرحم لحالته الطبيعية عقب الولادة . ويقوم كذلك بالمساعدة فى نقل الحيوانات المنوية لقناة المبيض بعد التلقيح حيث أن تمدد الرحم عقب انقباض يؤدي لحدوث تفريغ بداخل الرحم يعمل على شطف الحيوانات المنوية (الأخصاب) .

اضطرابات الغدة النخامية Disorders of pituitary function

هرمونات الغدة النخامية خاصة الأمامية تسيطر على نشاط عدد من الغدد الصماء الأخرى ولهذا فأي اضطرابات في نشاط النخامية يظهر كاضطرابات في نشاط الغدد الهدف . وكثير من حالات فشل إفراز النخامية يرجع في الحقيقة للخلل الوظيفي تحت المهاد .

فقد يحدث زيادة في تخليق وإفراز هرمونات النخامية الأمامية نتيجة لبعض الأورام ويظهر ذلك في عدة صور مثل التعملق Gigantism الذي يعزى لزيادة إفراز هرمون النمو في الحيوانات الصغيرة مما يؤدي لنمو مفرط قبل البلوغ . ويكون نمو الأطراف أكبر نسبيا من نمو الجذع وتكون الأعضاء الداخلية متضخمة وتصبح حركة المريض محدودة . وعادة ما يحدث المرض في مرحلة مبكرة من العمر . زيادة إفراز هرمون النمو في الحيوانات الكبيرة التي اكتمل فيها نمو العظام يؤدي لتغلظ وتشويه تركيب العظام مع تضخم اضمحلالى في الأعضاء الداخلية وهي حالة تسمى الاكرومجالى Acromegaly . ولعل أبرز أعراض هذه الحالة هو خشونة وتغلظ عام في الملامح .

زيادة نشاط الخلايا القاعدية بالنخامية الغدية وخاصة الخلايا المفرزة للكورتيكوتروبين ACTH تؤدي لزيادة إفراز هذا الهرمون وهو ما يؤثر على قشرة الغدة الجاركلوية فتفرز قدرا أكبر من الكورتيزونات . ويظهر على الحيوان أعراض كوشينج Cushing's disease التي تظهر في صورة إفراط في تناول الغذاء وسمنه وإفراز بول سكرى وغزارة في نمو الشعر على الجسم وتغلظ في تكوين العظام .

نقص إفراز هرمونات النخامية خاصة هرمون النمو في العمر المبكر يؤدي لتخلف نمو الحيوان ونقصه Dwarfism وفي هذه الحالة يكون الحيوان متنامق بدنيا ومستوى نشاطه عادى .

أما نقص نشاط النخامية الأمامية في الأفراد البالغين فيؤدي لظهور أعراض سيموند Simmond's Syndrome التي تتصف بضمور الجهاز التناسلي وضعف الصفات الجنسية الثانوية وسقوط الشعر وإنخفاض معدل التمثيل القاعدى وحرارة الجسم ويختل تعثيل الكربوندرات ويبدو على الفرد مظاهر الشيخوخة المبكرة . ولقد تم تسجيل لحالة نقص نشاط النخامية في السيدات عقب الولادة سميت بأعراض شيهان Sheehan's Syndrome تحدث نتيجة لضعف النورة الدموية والنزيف أثناء الولادة ويتبعها اضمحلال الغدة النخامية وأهم أعراضها إصفرار الجلد وجفافه ويظهر الوجه شاحبا ويسقط الشعر من الحاجب ومن تحت الأبط .

اضطراب نشاط النخامية الخلفية يظهر فى صورة مرض البول السكرى Diabetes Insipidus الراجع لضعف إفراز الفازوبرسين فيخرج الحيوان كمية كبيرة من البول المخفف مما يدفع الحيوان لشرب كمية مياه كبيرة للتعويض . ولا يجب الخلط بينه وبين مرض سكر الدم Diabetes mellites الراجع لنقص الانسولين حيث أن زيادة حجم البول ليست من أعراض مرض سكر الدم .

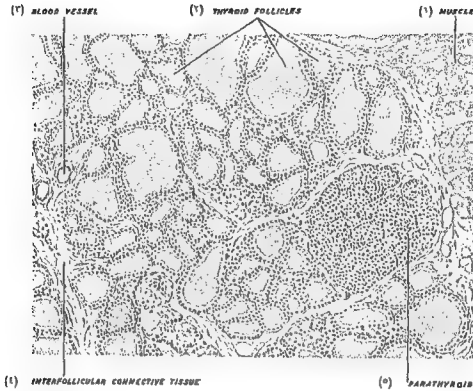
الغدة الدرقية

Thyroid Gland

عبارة عن تركيب ثنائى الفص يوجد على جانبي القصبة الهوائية ويرتبط الفصين معا بواسطة برزخ Isthmus . ويبلغ وزن الغدة نحو ٢٥ جم فى الإنسان ، ٢ - ٤ جم فى الأغنام والماعز ، ٣٥ جم فى الماشية ، ١٣٥ مجم فى الأرانب ونحو ٢٥ مجم فى الفئران . وتتكون الغدة من حويصلات Follicles مجوفة ويبلغ قطرها ٢٠٠ ميكرون وتبطن بطبقة واحدة من الخلايا الطلائية المكعبة أو العمادية . تجويف الحويصلة يملئ بمادة غروية Colloid عبارة عن جلوبولين مرتبط بالثيروكسين . يوجد بين الحويصلات نسيج ضام يحوى الأوعية الدموية والنهايات العصبية اللا إرادية كما يضم الخلايا الجار حويصلة Parafollicular cells (شكل ١٠ - ١٠) . وتفرز الغدة الدرقية هرمونى الثيروكسين (T₄) Thyroxine والثيرونين ثلاثى اليود (T₃) Triiodothyronine من الحويصلات فى حين يفرز الثيروكالسيتونين من الخلايا الجار حويصلية .

تخليق هرمونات الدرقية

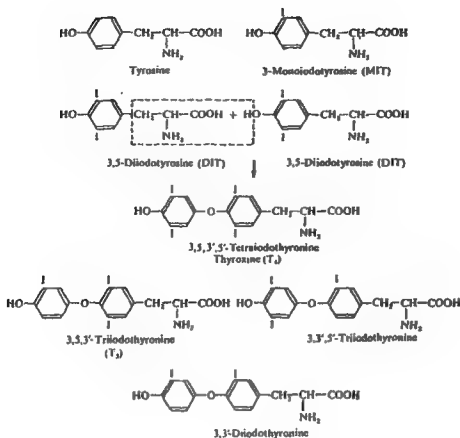
تفرز الغدة الدرقية الثيروكسين والثيرونين ثلاثى اليود وعدد آخر من المركبات المحتوية على اليود . فالايود الموجود فى الماء أو الطعام يمتص فى صورة ايوديد غير عضوى (I) وتتميز الغدة الدرقية بقدرة كبيرة على اصطلياد اليود الغير عضوى ولذلك يبلغ مستواه بالغدة نحو ٢٥ - ٥٠ مرة قدر ما هو بالدم . يتأكسد اليوديد (I) ويرتبط مع الحامض الأمينى التيروسين مكونا تيروسين أحادى اليود (MIT) Monoiodotyrosine ثم إلى تيروسين ثنائى اليود (DIT) Diiodotyrosine . ويتكون الثيروكسين من إتحاد جزئين من التيروسين ثنائى اليود فى حين يتكون الثيرونين ثلاثى اليود من إتحاد جزئى من التيروسين أحادى اليود وجزئى من التيروسين ثنائى اليود مع فقد حمض اللانين أو من



شكل ١٠ - ١٠ : يوضح التركيب الدقيق للغدة الدرقية والجاردرقية في الغرنا
(عن فرانسيسون)

(١) عضلة (٢) حويصلات لدرقية (٣) وعاء دموي (٤) نسيج ضام بين حويصلي (٥) غدة جاردرقية

فقد ذرة يود من الثيروكسين (شكل ١٠ - ١١) . بعد أن تتكون هرمونات الدرقية بالخلايا الطلائية تفرز داخل التجويف وهي مرتبطة مع الجلوبيولين مكونة الغروي البروتيني المسمى بالثيروجلوبيولين Thyroglobulin . وهو عبارة عن جليكوبروتين ويحوى نحو ١٠٪ من وزنه كربوهيدرات وفي بحاجة الجسم من هرمونات الدرقية لعدة أشهر عند توقف تخليقها لأي سبب . وعند حاجة الجسم إلى الثيروكسين يفرز انزيم محلل للبروتين Protease يقوم بتحليل الثيروجلوبيولين إلى أجزاء اصغر تشمل MIT ، DIT ، T_3 ، T_4 . ويفرز الثيروكسين بالدم بنسبة تبلغ نحو ٩٠٪ (٤,٣ مكجم / ١٠٠ مل) (مل) في حين أن الثيرونين ثلاثي اليود فيفرز بنسبة ١٠٪ (٣ , مكجم / ١٠٠ مل) حيث يتحد مباشرة مع بعض بروتينات البلازما ليكون البروتين المرتبط باليود Protein bound iodine (PBI) ويقوم الثيرونين بالفعل الهرموني بالأنسجة .



شكل ١٠ - ١١ : تخليق وميتابولزم هرمون الثيروكسين

وظائف هرمونات الدرقية

للغدة الدرقية تأثير هام على نمو وتطور الجسم وعلى التمثيل الغذائي ونشاط الأعضاء . الغدة الدرقية هامة لنمو وتطور أنسجة الجسم ويظهر ذلك جليا في الحيوانات التي يستأصل منها الغدة في المراحل الأولى من حياتها ، الأمر الذي يتبعه توقف نمو الهيكل العظمي وتوقف تطور الأجهزة التناسلية وظهور الصفات الجنسية الثانوية والنضج الجنيني المتأخر والتخلف العقلي . الجلد يخشن ويقل نمو الشعر أو الريش أو الصوف عليه .

تؤثر هرمونات الدرقية على العمليات التمثيلية بأنسجة الجسم حيث تشجع استهلاك الأكسجين وإنتاج الحرارة . تمثيل الكربوهيدرات يتأثر بالهرمون حيث يزيد تحلل الجليكوجين وتخليق الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية ويشجع امتصاصه بالأمعاء الأمر الذى يؤدى لزيادة مستوى السكر بالدم واستفادة الخلايا به . وتنبه هرمونات الدرقية تحلل واستهلاك الدهون خاصة عند نقص الكربوهيدرات ولذا يقل مستوى الكوليسترول والفسفوليبيدات بالدم عند ارتفاع الثيروكسين . وفى المستويات الطبيعية للثيروكسين يسود تشجيع تخليق البروتين (من خلال هرمون النمو) فى حين أن زيادة الثيروكسين تؤدى لهدم البروتين (من خلال هرمونات قشرة الادرينال) . متبالمز الفيتامينات خاصة فيتامين أ يتأثر بالثيروكسين الذى يشجع امتصاصه وتخليقه من الكاروتين وكذا فإن الاحتياجات من فيتامينات ب تقل عند زيادة نشاط الدرقية .

الثيروكسين ضرورى للجهاز العصبى ولذلك فنقصه يؤدى للتخلف العقلى وتبدل الشعور وعدم التيقظ لبطء سرعة وصول الاشارات العصبية من المخ لنهايات الأعصاب . ويحتاج الجهاز التناسلى للثيروكسين لينمو طبيعيا وهذا يتم غالبا من خلال تنبيه إفراز الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية أو لزيادة حساسية الغدد الجنسية ذاتها لهرمونات النخامية . وإفراز وتخليق اللين يشجعه لحد ما الثيروكسين الذى ينشط إفراز البرولاكتين و / أو لزيادته توارد الدم للضرع وفتح شهية الحيوان لتناول الطعام وزيادة إفراز العصائر الهاضمة وحركة الأمعاء والامتصاص مما يشجع إفراز اللين .

يتم فعل الثيروكسين والثيرونين عن طريق تنبيه استهلاك الأكسجين وتخليق البروتين حيث يؤدى لزيادة عدد الميتوكوندريا وحجمها خاصة بالأنسجة الحساسة للهرمون وهو ما يصاحبه زيادة الانزيمات المرتبطة بعملية الأكسدة الفسفورية غير المرتبطة . أى أن الهرمون يشجع عملية أكسدة المواد وزيادة معدل التمثيل مع قلة إنتاج روابط غنية بالطاقة (ATP) وهو الأمر الذى يكون مصحوب بإنتاج حرارة مفقودة . وتنشيط الميتوكوندريا يكون أيضا مصحوبا بتشجيع تخليق البروتين بالخلايا وخاصة الانزيمات التى تشجع عملية النمو خاصة عند التركيزات الفسيولوجية من الثيروكسين . وهذه العملية تتضمن زيادة تخليق الـ RNA النووى وإنزيم RNA-Polymerase المعتمد على الـ DNA الخولى .

تنظيم نشاط الدرقية

تنظيم إفراز هرمونات الدرقية يعتمد على إفراز الهرمون المنبه للدرقية TSH من النخامية الغدية والذى يخضع إفرازه لتحث المهاد من خلال هرموناته المحررة (TRH)

أو المثبطة (TIH) . مستوى الثيروكسين بالدم يؤثر من خلال المورد الرجعي على المقدار المفرز منه وذلك من خلال تأثيره على النخامية أو تحت المهاد فزيادة الثيروكسين والثيرونين توقف الزيادة في إفراز الـ TSH من النخامية أو الـ TRH من تحت المهاد (شكل ١٠ - ٤) .

وتؤثر الظروف المحيطة بالحيوان كالحرارة أو العوامل النفسية في تغير نشاط تحت المهاد وبالتالي كمية ونوع الهرمونات المفرزة منه وبالتالي مقدار الـ TSH المفرز من النخامية .

وهناك بعض المواد توقف نشاط الدرقية Antithyroid agents مما يؤدي لزيادة إفراز الثيروتروبين (TSH) من النخامية مما يؤثر على خلايا الدرقية مسببا زيادتها في الحجم والعدد (جويتر Goitre) . هذه المواد قد توجد طبيعيا في بعض النباتات مثل الكرنب واللفت والقرنبيط وفول الصويا فتحتوى على مركب الجوترين goitrin . وهناك مواد أخرى مثل الثيروسيانات والثيويوراسيل والسلفاجواندين توقف نشاط الدرقية وقد تستعمل لعلاج حالات زيادة نشاط الدرقية Hyperthyroidism .

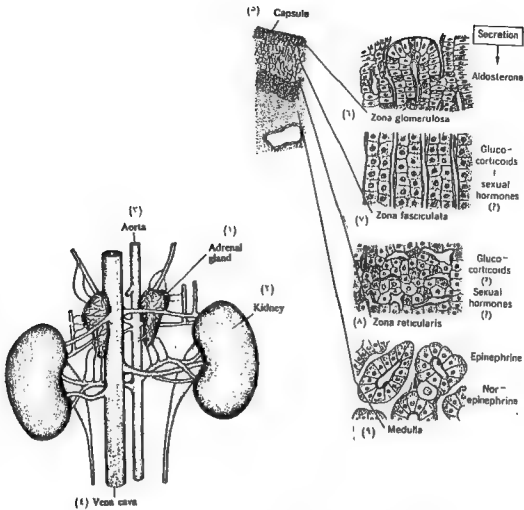
غدة الأدرينال (الجاركلوية)

Adrenal Gland (suprarenal)

غدة الأدرينال (الجاركلوية) عبارة عن زوج من الغدد بيضية الشكل توجد على الطرف الأمامي للكلية . وتزن الغدة ١٢ جم في الإنسان ، ٢ - ٣ جم في الأغنام ونحو ٠,٦ جم في الأرانب . الغدة في الثدييات تظهر مقسمة إلى قشرة خارجية Cortex تحيط بنسيج النخاع الداخلى Medulla بينما في الطيور يتشعب نسيج النخاع خلال نسيج القشرة . وتمول الغدة جيدا بالدم الذى يصلها بواسطة فروع من ثلاثة شرايين ويخرج الدم بواسطة وريد كبير . كما تمول الغدة بعدد كبير من الألياف العصبية تمر للنخاع مباشرة حيث تنتهى متاخمة لخلاياه التى تماثل خلايا العقد السمبتاوية . ولا يبدو أن قشرة الأدرينال تستقبل اتصال عصبى (شكل ١٠ - ١٢) .

نخاع الأدرينال Adrenal Medulla :

نسيج متجانس نميبا يتركب من خلايا عصبية بعد عقدية متحورة تحتوى حبيبات إفرازية تصبغ باللون البنى عند تعرضها لثانى كرومات البوناسيوم وذلك تسمى بالخلايا



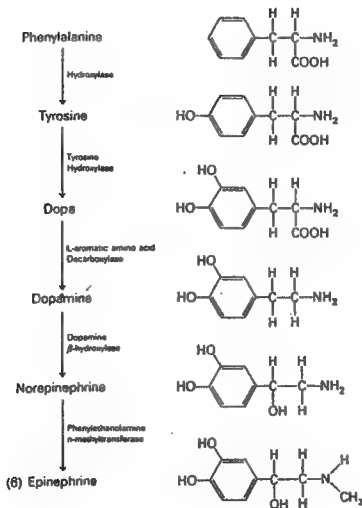
شكل ١٠ - ١٢ : مواقع غدة الأدرينال في الحيوانات الثديية وتركيبها التشريحي الدقيق
(عن بارنجتون وباتسكي)

(١) الأدرينال (٢) الكلب (٣) الأورطي (٤) الغريريد الأعوم (٥) حويصلة (٦) السطح المكعب (٧) السطح المعطية (٨) المنطقة الشبكية (٩) الشخاع

الكرومافينية Chromaffin cells . ويفرز الشخاع هرمونين هما الابنفرين Epinephrine (الأدرينالين Adrenaline) والنورابنفرين Norepinephrine (النورادرينالين Noradrenaline) .

يعتبر الحامض الأميني الفينيل اللانين أو التيروسين هو باديء هرموني شخاع الأدرينال . فعند إضافة مجموعة إيدروكسيل (OH) للتيروسين بتكوين داي هيدركسي فينيل اللانين DOPA والذي يتحول إلى دوبامين Dopamine عند نزع مجموعة كربوكسيل منه . إضافة مجموعة إيدركسيل للدوبامين ينتج النورابنفرين الذي يتحول

إلى ابنفرين عند إضافة مجموعة ميثيل (CH_3) له (شكل ١٠ - ١٣) . ويفرز الابنفرين من نخاع الادرينال في حين أن النورابنفرين يفرز من نخاع الادرينال ومن النهايات العصبية السمبثاوية بعد العقبة . وتهدم هذه الهرمونات بسرعة فنصف عمرها يبلغ نحو ٢٠ - ٤٠ ثانية .



شكل ١٠ - ١٣ : تركيب وتخليق هرموني الابنفرين والنورابنفرين

نخاع الادرينال غير ضرورية للحياة لأن إزالتها أو إتلافها لا يتبعه موت الحيوان . غير أن الغدة تعتبر عضو طوارئ فتنشط عند التعرض للإجهاد والضغط المختلفة فتقوى وتساعد فعل الجهاز العصبي السمبثاوى . الاينفرين (والنورابنفرين) يسرع ويقوى ضربات القلب مما يؤدى لزيادة ضخ الدم وزيادة سعة الشرايين الناجية ومرور الدم بها . الكميات الكبيرة من الهرمون تؤدى لانقباض الأوعية الدموية مثل تلك الواصلة للكلية فيقل تكوين البول . والاينفرين أقوى أثر من النورابنفرين فى تنبيه القلب والميتابولزم والعضلات الناعمة وأضعف منه فى فعله على الأوعية الدموية .

تحدث هرمونات نخاع الادرينال تغيرا فى تمثيل الكربوهيدرات يتضمن زيادة معدل تحول الجليكوجين إلى جليكوز Glycogenolysis بالكبد مما يرفع سكر الدم الذى قد يدخل العضلات ليكون ATP . كذلك يشجع تحلل جليكوجين العضلات لحمض لاكتيك .

يؤدى الاينفرين لتمدد العضلات الناعمة بجدر القناة الهضمية والمثانة والممرات التنفسية فى حين يؤدى لانقباض العضلات الناعمة بحويصلة الطحال مما يؤدى لعصر الدم المخزن الغنى بكرات الدم الحمراء الأمر الذى ينجم عنه زيادة حجم الدم وقدرته على حمل الأكسجين . أما العضلات الهيكلية فإن الاينفرين يشجع انقباضها . كما يشجع انقباض العضلات الناصبة للشعر فيقف .

ويؤثر الاينفرين على الجهاز العصبي مسببا حدوث القلق Anxiety والرعشة Tremors وذلك لخفض عتبة تنبيه التكوين الشبكي بالدماغ .

فعل هرمونات نخاع الادرينال يتم عن طريق زيادة نشاط الادينيل سيكلاز وبالتالي تكوين الادينوزين أحادى الفوسفات الحلقى cAMP الذى ينشط انزيم فوسفوريل كيناز الذى يشجع تكوين الفسفوريلز النشاط الذى يقوم بتنشيط تحلل الجليكوجين .

إفراز هرمونات نخاع الادرينال يخضع لسيطرة الجهاز العصبي حيث يوجد بالنخاع المستطيل مركز لتنظيم إفرازها . يتأثر هذا المركز بالنبضات العصبية الواصلة من قشرة المخ ، تحت المهاد والمنطقة الوعائية الحسية . وعند الإجهاد فإن هذه النبضات تنبه المركز العصبي مما يؤدى لتنبيه نخاع الادرينال لإفراز هرموناته التى تعمل على مساعدة الجسم لمجابهة الظروف المجهدة . مثال ذلك حالة التزيف والتعرض للبرد ونقص السكر والإجهاد العضلى .

قشرة الادرينال Adrenal Cortex

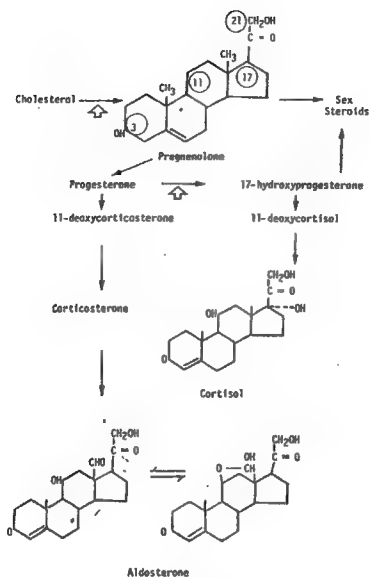
تتركب من خلايا طلائية غدية وتنقسم إلى ثلاثة مناطق مرتبة من الداخل للخارج .

المنطقة الشبكية *Zona reticularis* تجاور النخاع وترتب خلاياها عشوائيا والسيتوبلازم كثيف الصبغ، يلي ذلك المنطقة الحبلية *Zona fasciculata* ترتب خلاياها فى صورة أحبال أو أعمدة . وخلايا هاتين المنطقتين تفرز هرمونات القشرين السكرية *Glucocorticoids* مثل الكورتيزول والكورتيكوستيرون . المنطقة المكبية *Zona Glomerulosa* تقع تحت القشرة مباشرة وترتب خلاياها فى صورة حلزونية أو دائرية وتفرز هرمونات القشرين المعدنية *Mineralocorticoids* مثل الالدوستيرون . كما وأن القشرة تقوم فى بعض الحالات غير الطبيعية بإفراز بعض هرمونات الغدد الجنسية الذكرية والأنثوية (شكل ١٠ - ١٢) .

تخلق هذه الهرمونات بقشرة الادرينال من الكولمسترول الذى يحتوى ٢٧ ذرة كربون . حيث أنه فى وجود الـ ACTH يتحول الكولمسترول إلى برجنانولون يحتوى ٢١ ذرة كربون وهذا يتحول إلى بروجستيرون . البروجستيرون قد يتحول فى وجود انزيمات معينة إلى ١٧ - هيدركس بروجستيرون وهذا إلى كورتيزول وكورتيزون كما يحدث فى المنطقة الشبكية والحبلية أو قد يتحول البروجستيرون إلى ١١ - دى اوكسيكورتيكوستيرون ثم إلى الالدوستيرون كما يحدث فى المنطقة المكبية (شكل ١٠ - ١٤) ونصف عمر الالدوستيرون ٣٠ دقيقة والكورتيزول ١٥ دقيقة .

وظائف الالدوستيرون تتركز أساسا فى خفض فقد الصوديوم عن طريق الكلية حيث يعاد امتصاصه من الأنابيب الملتفة الطرفية بمساعدة الالدوستيرون . ونفس التأثير للالدوستيرون يحدث فى الغدد اللعابية ، الغدد العرقية ومخاطية الأمعاء . التأثير المضاد وهو زيادة إفراز الصوديوم بالبول وما يتبعه من خفض ضغط الدم ربما يحدث بمساعدة البروستاجلاندين وعامل القلب المخرج للصوديوم ANF . ويؤثر الالدوستيرون على تمثيل الكربونترات ولكن بدرجة أقل كثيرا من هرمونات القشرين السكرية .

وظائف هرمونات القشرين السكرية متعددة والتأثير الأول لهذه الهرمونات يتم على تمثيل الكربونترات حيث يسرع عملية تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربونتراتية *Gluconeogenesis* وزيادة امتصاصه من الأمعاء مما يؤدي لزيادة سكر الدم . وقد يرجع جزء من هذا التأثير لتضاد فعل الانسولين وتسهيل فعل الجلوكاجون والابنفرين . ولهرمونات القشرين السكرية فعل مضاد للالتهاب *Antinflammatory* حيث تؤثر على الأعضاء المصابة مؤدية لتقليل الاحتقان والرشح أو إفراز المواد ويقل تكوين الأنسجة



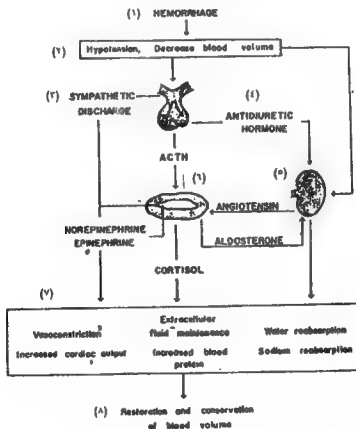
شكل ١٠ - ١٤ : تخليق استرويدات لقشرة الادرينال . الأرقام للمحاطة بدائرة توضيح مكان فعل الانزيمات في حين أن السهم المفتوح يشير لمكان فعل الـ ACTH

الليفيه. كما أنها قد تشجع تكوين الأجسام المضادة نتيجة تحلل خلايا البلازما والخلايا اللمفية خاصة عند بدأ المعاملة . وفعلها المضاد للإلتهاب قد يرجع أيضا لخفض الحساسية . وقد تم تخليق بعض المركبات مثل الديكساميثازون Dexamethasone ذو

قدرة مضادة للإلتهاب تبلغ ٢٠ مرة قدر فعل الكورتيزول . ويظهر هذا في زيادة عدد الخلايا البيضاء الكلية بالدم مع نقص الخلايا اللمفية والايوسينية .

وتشجع هرمونات القشرين السكرية بدأ عملية الولادة . فالكورتيزول بدم الجنين يؤثر على المشيمة لخفض تركيز البروجستيرون ورفع الاستروجين الأمر الذي يشجع إفراز البروستاجلاندين PGF₂ مما يزيد من حساسية الرحم للاكسيتوسين . كما أن نقص هرمونات القشرين السكرية يؤدي لبطء نقل الإشارات العصبية وضعف العضلات .

هرمونات قشرة الادرينال لها دور هام لمقاومة الظروف الضارة (شكل ١٠ - ١٥) . حيث أن تعرض الحيوان لأي ضرر يشجع إفراز الـ ACTH وبالتالي هرمونات القشرين السكرية التي تقوم بمساعدة الجسم للأقلمة على المعيشة تحت الظروف الضارة . ومعظم الظروف التي تنبه إفراز الـ ACTH تنبه أيضا نخاع



شكل ١٠ - ١٥ : الإستجابة الهرمونية لتزيف الدم
(عن صويلسون)

(١) نزيف (٢) نقص ضغط حدم الدم (٣) تنبيه سمبثاوى (٤) الهرمون المضاد للبرور (٥) كتيبة (٦) الادرينال (٧) الجهاز الدوري وسوائله (٨) المحافظة على حجم الدم

الادرينال . وجزء من وظيفة هرمونات القشرين السكرية حفظ إستجابة الأوعية الدموية للكاتيكول امينات . كما أنها تعد ضرورية للكاتيكول امينات لتقوم بفعالها المحرك للأحماض الدهنية التي تعتبر مصدر الطاقة عند الطوارئ .

إفراز الالدوسترون ينظمه عاملين هما : (١) الرنين Renin المفرز من الكلية وذلك إستجابة لنقص معدل مرور الدم بها أو نقص الصوديوم بالدم . يعمل الرنين على تحويل جلوبيولين الدم إلى انجيسوتنسين I ثم إلى انجيوتنسين II الذى ينشط إفراز الالدوسترون . (٢) هرمون منبه قشرة الادرينال ACTH يساعد فى إفراز الالدوسترون مباشرة أو يشجع الإفراز الذى يبدأ الانجيوتنسين II .

إفراز هرمونات القشرين السكرية يخضع أساسا لميطرة الهرمون المنبه لقشرة الادرينال ACTH المفرز من للنخامية تحت تأثير الهرمون الهيبوثلامى المحفز (CRH) . ف عند زيادة إفراز الـ CRH تحت ظروف الاجهاد يزداد إفراز الـ ACTH بالدم حيث يصل لقشرة الادرينال مؤديا لزيادة إفراز هرمونات القشرين السكرية وهذه عند زيادة مستوياتها بالدم تؤثر على تحت المهاد وتثبط إفراز الـ ACTH . وإفراز هرمونات القشرين السكرية بالحيوانات الطبيعية متغير كثيرا حيث توجد به تغيرات دورية مرتبطة بطبيعة نشاط الحيوان ففى الفئران يحدث أقصى إفراز بالليل عندما يكون الحيوان نشيطا بينما فى الحيوانات التى تنشط نهارا يكون أقصى إفراز بالنهار . ففى الخيول تركيز الكورتيكويدات يبلغ نحو ٥,٢٧ نجم / مل فى الصباح والمساء على التوالى .

فعل هرمونات القشرة يتم بعد دخولها للخلية حيث ترتبط بمستقبل بروتينى خاص بالميتوبلازم . معقد المستقبل البروتينى والهرمون يدخل للنواة حيث يرتبط مع الـ DNA هذا الارتباط يؤثر على الجينات لتخليق mRNA والذى يعمل على تخليق جزيئات بروتينية ذات نشاط انزيمى معين تقوم بالعملات المميزة للفعل الهرمونى .

اضطرابات غدة الادرينال

هرمونات نخاع الادرينال ليست ضرورية للحياة لأن إزالة نخاع الادرينال لا يتبعه تغيرات فسيولوجية كبيرة . ولكن قشرة الادرينال ضرورية للحياة فالغياب الكامل لقشرة الادرينال يتبعه تغيرات فسيولوجية يصعب تحديدها وتظهر فى صورة هزال ، تعب سريع . عدم تحمل الجوع . انخفاض ضغط الدم . استجابة عالية للانسولين وإنخفاض القدرة على مقاومة الضغوط . وهى أعراض مرض اديسون Addison's disease والذى ينتهى غالبا بالموت . أما زيادة إفراز القشرة فغالبا ما يؤدى لحدوث مرض يسمى مرض

كوشينج Cushing's disease وأعراضه عبارة عن زيادة الشهية للأكل، زيادة شرب الماء وإخراج البول السكرى ، غزارة نمو الشعر بالجسم وتحلل العظام . قد يحدث خلل فى قشرة الادرينال بالأطفال يؤدي لزيادة إفراز الهرمونات الجنسية مما يؤدي لتطور مبكر للأجهزة التناسلية والوصول للبلوغ فى سن صغيرة وانتشار الشعر بغزارة على الجسم خاصة بالإناث .

هرمونات الغدد الجنسية

Gonadal Hormones

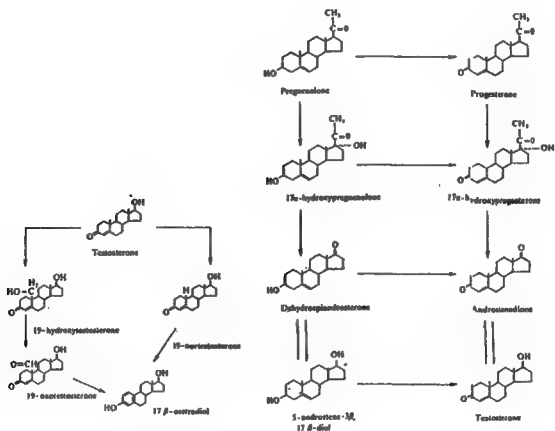
هرمونات الغدد الجنسية أو هرمونات الجنس Sex hormones عبارة عن مجموعة الهرمونات التي تفرز أساسا من الخصية فى الذكر أو المبيض فى الأنثى . وهى عادة ما تقسم إلى أربعة أقسام : الاندروجينات Androgens ، الاستروجينات Estrogens ، البروجستينات Progestins والريلاكسين Relaxin .

وتعتبر الخلايا البينية Interstitial cells أو خلايا ليديج Leydig cells الموجودة بين القنوات المنوية بالخصية هى مصدر هرمون الجنس الذكري Androgen (شكل ١٢ - ٣) . فى الإناث الغير حوامل يعتبر المبيض هو المصدر الرئيسى لإفراز الاستروجينات والبروجستينات حيث تفرز خلايا البطانة الداخلية Theca interna الاستروجين فى حين تفرز الخلايا المحببة Granulosa البروجستينات (شكل ١٢ - ٥) . أما فى الحيوانات الحوامل فإن المشيمة والجسم الأصفر والغدة اللبينية تعتبر مصدرا للاستروجينات والبروجستينات . ويحتل إفراز هذه الهرمونات بقشرة الادرينال لأن بعضها يمثل مرحلة فى تخليق هرمونات قشرة الادرينال . وكذلك قد تفرز من الصرع . أما الريلاكسين فإن مصدره المبيض فى الحيوانات التي تحتاج المبيض لصيانة الحمل (الماعز - الأرانب - القطران) والمثيمة فى الأنواع الأخرى التي لا تحتاج للمبيض .

يتم تخليق هرمونات الجنس الاستيرويدية من الكوليسترول (٢٧ ذرة كربون) الذي تنفصل عنه سلسلة جانبية تحوى ٦ ذرات ليتكون برجنانولون يحوى ٢١ ذرة كربون ويتبع ذلك تحول البرجنانول إلى بروجستيرون يحوى مجموعة كيتون بذرة رقم ٣ ورابطة مزدوجة بين كربوني ٤ ، ٥ لازمة لنشاط الهرمون . ويعتبر البروجستيرون بادئ تخليق هرمونات الذكر وخاصة التستستيرون Testosterone الذى يحتوى ١٩ ذرة كربون بعد فصل ذرات الكربون رقم ٢٠ ، ٢١ . وتعتبر مجموعة الكيتون على كربون

رقم ٣ ومجموعة الأيدروكسيل على كربون رقم ١٧ لازمين لنشاط الهرمون (شكل ١٠-١٦) وهناك بعض الحيوانات مثل الفئران تفرز الأندروستيديون Androstendione بدلا من التستستيرون .

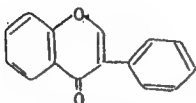
هرمونات الاستروجينات تتكون من ١٨ ذرة كربون وتخلق من هرمون التستستيرون بعد فصل ذرة الكربون رقم ١٩ وتكوين ثلاثة روابط مزدوجة في الحلقة الأولى بالهرمون (شكل ١٠-١٦) . ويعتبر الاستراديول - ١٧ بيتا أهم الاستروجينات (الإنسان - العاشية - الأفراس) ويليه الاسترون (الأغنام) . ونصف عمر هذه المركبات يبلغ نحو ٢٥ - ٣٠ دقيقة .



شكل ١٠-١٦ : يوضح على الجانب الأيمن تخليق البروجستيرون والتستستيرون وعلى الجانب الأيسر تخليق الاستراديول من التستستيرون

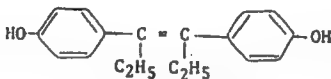
الريلاكسين عبارة عن هرمون عديد الببتيد يختلف تركيبه في الأنواع المختلفة . ففي الماشية يحتوى على نحو ٦٢ حامض أميني مرتبة في سلسلة مستقيمة ولكن في الخنازير فيحتوى ٤٨ حامض أميني مرتبه في سلسلتين يضمنا ٢٦,٢٢ حامض ويرتبطا بثلاثة روابط ثنائية الكبريت.

النباتات الخضراء مثل البرسيم وبعض النباتات البقولية الأخرى تحتوى على مركبات ذات نشاط استروجيني غالبا ما تكون مشتقات الايزوفلافون Isoflavone وهي عندما تكون موجودة بتركيز كبير قد تسبب مشاكل كثيرة في خصوبة الحيوانات . كما تم تخليق عديد من المركبات ذات النشاط الاستروجيني مثل الداى اثيل استلبيسترول Diethylstilbestrol^١ (DES) ومركبات ذات نشاط بروجستينى مثل النوراثندرون Norethindrone (شكل ١٠ - ١٧) . وبعض هذه المركبات استخدام بنجاح فى علاج بعض الاضطرابات التناسلية وتنظيم الشياح والحمل . كما أن بعضها الآخر استخدام لزيادة نمو وتسمين حيوانات اللحم .



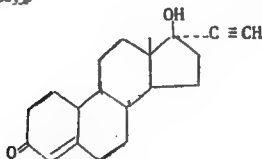
Isoflavone

ايزوفلافون



Diethylstilbestrol

داى اثيل استلبيسترول



Norethindrone

نوراثندرون

شكل ١٠ - ١٧ : بعض المركبات المختلفة ذات للنشاط الاستروجيني والبروجستينى

وظائف هرمونات الغدد الجنسية :

١ - وظائف الاندروجينات

تقوم الاندروجينات بوظائف عديدة أهمها تنشيط تكوين الحيوانات المنوية بالخصية في الذكور . كما أنه يمد طول حياة الحيوانات المنوية المخزنة بالبربخ . ويزيد التستسترون من نمو ونشاط الأعضاء الجنسية الثانوية مثل الحويصلات المنوية ، البروستاتا ، غدد كوبر ، القضيب وكيس الصفن . وخصى الحيوانات البالغة يؤدي لضمور هذه الأعضاء وقلة نشاطها في حين أن الخصى في عمر مبكر يؤدي لفشل تطور هذه الأعضاء . وتعتمد الصفات الجنسية الثانوية بدرجة كبيرة على الاندروجينات مثل نمو الشعر ، القرون ، نمو الحنجرة وتكتل العضلات وتغليظ العظام والتركيب الجسماني الذي يميل إلى سعة الصدر وضيق الخصرة والحوض . كما أن الهرمون يشجع نمو عرف الديوك . دراسة الذكور وسلوكها الجنسي ورغبتها في التلقيح هي من الصفات الجنسية التي تعتمد على أثر الاندروجين .

ويقوم التستسترون بتأثيرات غير مرتبطة بالتناسل حيث يشجع بناء المواد الازوتية والعظام فالمعاملة بالهرمون تسبب زيادة احتجاز الازوت ، البوتاسيوم ، الفسفور وزيادة مقدار العضلات الهيكلية . هذا التأثير استمر في مجال إنتاج اللحم من الحيوانات الزراعية بتخليق أندروجينات تبلغ فيها نسبة النشاط البنائي للنشاط الاندروجيني نحو ٢٠ : ١ مقارنة لنسبة ١ : ١ للتستسترون . وتزيد الاندروجينات معدل التمثيل القاعدي بحوالي ٥ - ١٠٪ وهو الأمر الذي يعزى لفعل الهرمون على بناء البروتين وذلك بالتعاون مع هرمون النمو . كما أن الاندروجين يشجع إعادة امتصاص الصوديوم في الأنابيب الطرفية بالكلية وهو ما قد يؤدي لزيادة حجم الدم والسوائل خارج الخلايا بعد البلوغ .

٢ - وظائف الاستروجينات

يقوم الاستروجين بعدة وظائف أهمها تلك المرتبطة بالتناسل مثل التمييز الجنسي للجنين رغم أن جنس الجنين يتحدد لحظة إخصابه تبعاً لنوع كروموسوماته. ولكن في العمر الجنيني المبكر يحتوى الجنين على قنوات وولف و Wolffian ducts التي يتحور منها الأعضاء التناسلية الثانوية للذكر وقنوات ميلار Mullerian ducts التي يتحور منها الجهاز التناسلي الأنثوي . ودور الاستروجين في التمييز الجنسي أهم من دور الاندروجين .

ويزيد الاستروجين من حساسية الخلايا المحببة بالمبيض للهرمون المنبه للبيوضات FSH وانقسام الخلايا فى النسيج الطلائى الجرثومى . نمو الرحم وزيادة إفرازاته يشجعها الاستروجين الذى يسبب زيادة معدل وسعة الانقباضات الرحمية واحتقان المهبل بالتم ونمو النسيج الطلائى ونقرنه . ويحدث تنبيه لنمو الغشاء المخاطى لقناة فالوب وتكثر أهدابها ونشاطها العضلى . ويساهم الهرمون فى إظهار السلوك الجنسى للأنثى و حدوث الشياخ من خلال فعله على تحت المهاد . والاستروجين يشجع نمو النظام القنوى بالغدة اللبينية لجميع الثدييات ولعل هذا يفسر قيام الغدة اللبينية بتخليق الاستروجين خاصة قرب نهاية الحمل مما دعا لاعتبار الغدة اللبينية أحد الغدد الصماء .

وللاستروجينات تأثيرات غير مرتبطة بالتنامل حيث تشجع نمو الجسم عموما فتتسبب انقسام الخلايا وتزيد تكوين الدهون وتوزيعه بالجسم . الهرمون كذلك يزيد المحتوى المائى بالجسم وتنبيه الاحتفاظ بالصوديوم والكالسيوم والفسفور والازوت . ويتأثر ميتابولزم العظام بالاستروجين حيث يسبب تنبيه تطور معالم الأنوثة ونضج غضروف مفصل الساق . ويؤثر الهرمون على هرمونات الغدد الأخرى حيث يسبب زيادة تخليق الجلوبيولين الرابط للثيوركسين (TBG) وكذلك الرابط لهرمونات قشرة الأدرينال Transcortin مما قد يؤدى لظهور أعراض نقص هرمونات الدرقية والأدرينال حيث أن مقدار الهرمون الحر ينقص .

٣ - وظائف البروجستيرون

يقوم البروجستيرون بعدة وظائف مرتبطة أساسا بالتنامل فيعتبر وجود قدر ولو قليل من البروجستيرون ضرورى لإظهار علامات الشياخ على الحيوان ولكن المستوى المرتفع منه يمنع حدوث الشياخ والتبويض عن طريق تأثيره على تحت المهاد مما يؤدى لخفض إفراز هرمون التبويض ولذلك يستعمل هذا الهرمون مخلوطا مع الاستروجين لمنع الحمل .

يشجع البروجستيرون إكمال تطور الغشاء المخاطى للرحم استعدادا لانغراس الجنين ونمو المشيمة ويشجع طول والتفاف غدد الرحم مما ينجم عنه زيادة شديدة فى إفرازاتها . كذلك يؤثر على عضلات جدر الرحم فيحد من حركتها . ويشجع الهرمون نمو الغشاء المخاطى للمهبل ويعمل على تقليل حركة الرحم وقناة المبيض . ويعمل الهرمون على صيانة الحمل فزغ المبيض يؤدى للإجهاض خاصة فى بعض الأنواع مثل الماعز والغنم والأرانب الذى يمكن منعه بالمعاملة بالهرمون . ويعمل الهرمون على الغدة اللبينية مشجعا ومكملا لنمو وتطور حويصلات وقنوات اللبن ولذلك يقرر

بكمية محسوسة خلال الحمل من الغدة اللبنية .

٤ - وظائف الريلاكسين

يعمل الريلاكسين بالإشتراك مع الاستروجين والبروجستيرون على زيادة نمو الرحم ومحتواه من الماء كذلك منع عضلات جدر الرحم من الانقباض . ويحدث ارتخاء عضلات عنق الرحم مما يسهل فتحها لخروج الجنين . بالإضافة لذلك يسبب الهرمون انسياب التحامات عظام العانة كما يحدث ارتخاء أربطة العجز والحرقفة مما يؤدي لتوسيع قناة الولادة . وهو يتعاون مع هرموني الاستروجين والبروجستيرون في تشجيع نمو وتطور الغدة اللبنية .

ويتم فعل هرمونات الغدد الجنسية الاستيرويدية بطريقة مشابهة للاستيرويدات الأخرى حيث يدخل الهرمون للخلية ويصل للنواة حيث يرتبط مع بروتين مستقبل ويتحول لصور أخرى نشطة ويتبع ذلك تخليق جزيئات mRNA خاصة تنتقل للسيتوبلازم حيث تشجع تخليق بروتينات خاصة (انزيمات) هي التي تقوم بالفعل المميز للهرمون .

تنظيم إفراز هرمونات الغدد الجنسية

يتم تنظيم إفراز هرمونات الغدد الجنسية عن طريق مقدار ما تفرزه الغدة النخامية من الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية (الجوندات وتروبيونات) وهذه تخضع في إفرازها لسيطرة تحت المهاد . فعند حدوث تغير في بعض المنبهات مثل طول فترة الإضاءة يتنبه تحت المهاد ليفرز هرمونه المحرر للجوندات وتروبيونات (GnRH) والذي يؤثر على الغدة النخامية منبها تحرر هرموني FSH و LH اللذين يشجعان نمو حويصلات المبيض وإفراز الاستروجين من الحويصلات النامية . ثم يقوم الـ LH بالتعاون مع الـ FSH في إكمال نمو الحويصلة وإنفجارها ليفرز البروجستيرون من الجسم الأصفر المتكون . زيادة إنتاج الاستروجين أو البروجستيرون تعمل عكسيا على مستوى تحت المهاد وربما النخامية لتقلل من إنتاج وتحرر FSH والـ LH . ويلعب البرولاكتين دورا في المحافظة على إفراز البروجستيرون من الجسم الأصفر في بعض الأنواع .

إفراز التستستيرون يتحكم فيه أساسا هرمون FSH و LH . هرمون الـ LH ينبه إفراز التستستيرون من الخلايا البينية بالخصية الذي عند وصول تركيزه لمستوى معين يؤثر عكسيا على منطقة تحت المهاد لتقليل الـ LH . إضافة لذلك فإن مركب الانهيبين Inhibin المفرز من خلال سرتولى Sertoli بالخصية يثبط إفراز الـ FSH وبالتالي إفراز التستستيرون من هذه الخلايا .

هرمونات البنكرياس

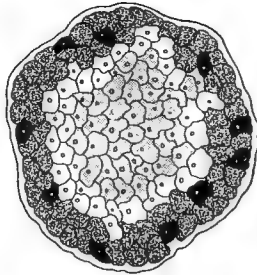
Pancreatic Hormones

تقوم الانزيمات المختلفة بهضم الكربوهيدرات إلى مركبات بسيطة أهمها الجلوكوز الذى يمتص بالأمعاء ويحمله الدم للكبد حيث يحول إلى جليكوجين Glycogenesis أو يستخدم كمصدر للطاقة أو يخزن كدهن . تركيز السكر بالدم فى الإنسان يبلغ نحو ٨٠ - ١٢٠ مجم / ١٠٠ مل ونحو نصف ذلك بالحيوانات المجترة . ويزيد التركيز بعد تناول الطعام ولكنه سرعان ما يعود لمستواه الطبيعى . وتوجد حالة توازن بين سكر الدم وكمية الجليكوجين المحول لسكر بالدم فزيادة استهلاك السكر بالأنسجة يؤدي لانخفاض تركيزه بالدم مما يدفع الكبد لتحويل جزء من الجليكوجين لسكر Glycogenolysis لتعويض الفقد فى السكر . وعند انتهاء مخزون الكبد من الجليكوجين يخلق السكر من مصادر غير كربوهيدراتية (دهن - بروتين) Gluconeogenesis . وتساهم هرمونات البنكرياس مساهمة فعالة فى العمليات السابقة .

البنكرياس عضو مزدوج التركيب والوظيفة فهو يتركب من عيون إفرازية Acini تفرز العصير البنكرياسى وينتشر بينها جزر لانجرهانز Islets of Langerhans التى تنتظم خلاياها كأحيال موزعة بغير انتظام ويتخللها تعقيدات وعائية . ويوجد أربعة أنواع من الخلايا بهذه الجزر (شكل ١٠ - ١٨) هى خلايا A-cells المفرزة للجلوكاجون وخلايا B-cells المفرزة للأنسولين وخلايا D-cells المفرزة للسوماتوستاتين وخلايا F-cells المفرزة للمركبات عديدة الببتيد .

الأنسولين Insulin

عبارة عن هرمون عديد الببتيد يتكون من ٥١ حامض أميني تنتظم فى سلسلتين الأولى تعوى ٢١ حامض أميني والثانية ٣٠ حامض أميني ويرتبط السلسلتين معا برابطتين ثنائى الكبريت . وتختلف الهرمونات المنتجة فى الحيوانات المختلفة فى الأحماض رقم ٨ ، ٩ ، ١٠ فى السلسلة الأولى . وكان أول استخراج للأنسولين غام ١٩٢١ بواسطة الباحثين الكنديين باننج Banting وبست Best واحدا من أكثر الأحداث أهمية وإثارة فى تاريخ الطب . كما أن تخليق الهرمون الأدمى بواسطة البكتريا باستخدام طرق الهندسة الوراثية فى عام ١٩٧٥ أحدث تغييرا كبيرا فى مجال علاج مرض السكر .



A-cells	glucagon
B-cells	insulin
D-cells	somatostatin
F-cells	pancreatic polypeptide

شكل ١٠- ١٨ : تركيب جزر لانجرهانز بالبنكرياس
(عن ماكسونالد وبيليدا)

الفعل الرئيسي للانسولين هو زيادة الاستفادة من الجلوكوز في معظم أنسجة الجسم وذلك بواسطة زيادة نقل الجلوكوز عبر أغشية الخلايا خاصة في الكبد والعضلات والأنسجة الدهنية . وفعل الانسولين في إزالة حاجز دخول الجلوكوز بأغشية الخلايا قد يرتبط بفعله المثبط لتخليق الـ cAMP . ويقوم الانسولين بالعمليات التالية :

(أ) بالدم : يؤدي لنقص مستوى جلوكوز الدم لقلة السكر الناتج من الكبد ولزيادة استهلاكه بالخلايا نتيجة أكسده أو تحوله لجليكوجين . ويؤدي الانسولين لنقص بوتاسيوم الدم الأمر الذي يعزى غالبا لزيادة دخول البوتاسيوم مرتبطا مع زيادة دخول الجلوكوز للخلايا .

(ب) الكبد والعضلات : يشجع الانسولين تكوين الجليكوجين بالكبد والعضلات لزيادة تخليق الانزيم المخلوق للجليكوجين Glycogen synthetase . وكذلك يزيد معدل أكسدة الكربونترات بالعضلات ويقلل إنتاج الجلوكوز من الكبد وكذلك يقلل تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربونترائية .

(ج) الأنسجة الدهنية : يزيد الانسولين استهلاك وأكسدة الجلوكوز بالأنسجة الدهنية وكذلك يشجع تخليق الدهون بها من الجلوكوز . ويقلل من تحرر الأحماض الدهنية .

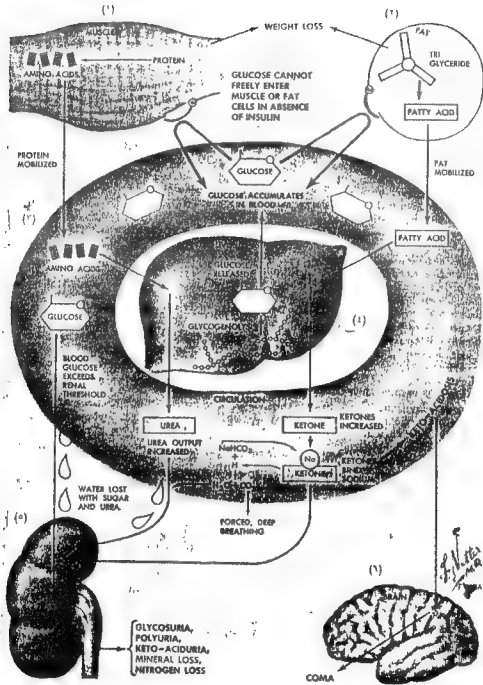
(د) تخليق البروتين : يشجع الانسولين تخليق البروتينات وتخليق الأحماض النووية التي ترتبط أيضا بعملية النمو .

وعند نقص الانسولين كما يحدث في حالة مرض السكر بالدم Diabetes mellitus وكذلك في حالة نزع البنكرياس تقل قابلية الخلايا لاستعمال الجلوكوز سواء للأكسدة أو لتخليق الجليكوجين وبالتالي تقل نفاذية الخلايا للجلوكوز وهذا يؤدي لزيادة جلوكوز الدم Hyperglycemia . ونظرا لنقص الجلوكوز بالخلايا يحدث تحلل للجليكوجين Glycogenolysis وزيادة تخليق الجلوكوز من الدهون والبروتين . والنتيجة هي إخراج السكر بالبول Glucosuria . وفقد الجلوكوز خلال البول يشمل بالضرورة فقدًا مصاحبًا للماء والالكتروليتات (ص⁺ ، يو⁺) ، زيادة التبول Diuresis ، زيادة تركيز مكونات الدم والجفاف Dehydration (شكل ١٠ - ١٩) . ويؤدي جفاف الخلايا وضعف الدورة الدموية وحموضة الدم الناتجة عن تكوين الأجسام الكيتونية ونقص تنفس الخلايا إلى الإغماء Coma والموت ما لم يعالج الحيوان .

إفراز الانسولين يخضع أساسا لتغير مستوى الجلوكوز بالدم . فزيادة مستوى الجلوكوز تشجع إفراز الانسولين الذي يعمل على خفض مستوى الجلوكوز . وهناك عوامل أخرى تشجع الإفراز مثل تناول البروتينات وحقن الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة . كما أن هرمونات القناة الهضمية مثل الجاسترين والسكرتين تشجع إفراز الهرمون . وهرمون الجلوكاجون يثبته إفراز الانسولين . بالإضافة لذلك فإن للجهاز العصبي تأثير على إفراز الانسولين يتم من خلال العصب التائه الذي يعمل على تثبيته إفراز الهرمون .

الجلوكاجون Glucagon

عبارة عن مركب عديد الببتيد يحتوي ٢٩ حامض أميني وهو لا يحوى كبارى ثنائية الكبريت . الفعل الرئيسي للجلوكاجون هو زيادة مستوى سكر الدم ويتم ذلك بتحليل الجليكوجين المخزن في الكبد وتكوين الجلوكوز كما أنه يشجع هدم البروتين ويمنع تخزين الدهون . والجلوكاجون يشجع إفراز الانسولين والسوماتوستاتين . ويحدث الهرمون فعله نتيجة لتثبيته نشاط انزيم الانيل سيكلاز الذي في وجود الماغنسيوم يقوم



شكل ١٠ - ١٩ : الآثار الفسيولوجية الناجمة عن فشل البنكرياس ونقص إفراز الإنسولين
(عن تتر)

(١) عضلة (٢) دهون (٣) الكبد (٤) الكلية (٥) الدماغ

بتكوين cAMP من الـ ATP . ويقوم الـ cAMP بفعله مغيرا العمليات المتناظلية التي تتضمن تنشيط انزيم الفسفوريلاز الذى يساعد فى تحول الجليكوجين إلى جلوكوز . والملاحظ أن كلا من الجلوكاجون والابنفريين ينشطا عملية الفسفرة بالكبد ولكن عملية الفسفرة بالعضلات ينشطها الابنفريين فقط ، الأمر الذى يرجع غالبا لنوع المستقبلات الهرمونية أو الانزيمات الموجود فى خلايا كلا النسيجين .

إفراز الجلوكاجون ينبهه نقص جلوكوز الدم ، تخليق الأحماض الأمينية من الجليكوجين ، هرمون الجاسترين والكوليسيستوكينين والإجهاد ويثبطه الجلوكوز والأحماض الدهنية الحرة والسكرتين والانسولين والسوماتوستاتين .

السوماتوستاتين وعديدات الببتيد البنكرياسية

Somatostatin and Pancreatic Polypeptide (pp)

السوماتوستاتين هرمون يفرز من تحت المهاد والبنكرياس والأمعاء . وسوماتوستاتين تحت المهاد يثبط إفراز هرمون النمو وربما الـ TSH من الغدة النخامية . أما السوماتوستاتين البنكرياسي فيفرز من خلايا دلتا بجزر لانجرهانز ويؤدي لتثبيط إفراز الانسيولين والجلوكاجون المفرزين من خلايا بى وإيه المجاورة . أما السوماتوستاتين المعدي فيثبط إفراز المعدة الحامض وحركة المعدة والأمعاء وامتصاص الجلوكوز .

عديد الببتيد البنكرياس (pp) فيعتقد بأنه هرمون ينبه إفرازه تناول البروتينات والصيام والرياضة ويثبط إفرازه السوماتوستاتين وفعله يبدو أنه مرتبط بالاستفادة من البروتينات والمواد الغذائية الأخرى .

التنظيم الهرموني لتمثيل الكالسيوم

The calcium regulating hormones

الكالسيوم يرتبط عادة بالهيكل العظمى الذى يحوى نحو ٩٨٪ من كالسيوم الجسم ، إلا أن الكالسيوم بالدم والسوائل خارج الخلايا هام لعدة أنشطة فسيولوجية أخرى . يوجد الكالسيوم بالدم فى صورة متأينة أو مرتبطة بالبروتين ويبلغ تركيزه ١٠ مجم / ١٠٠ مل ويرتبط فعله بالتحكم فى تهيج وإثارة الخلايا سهلة الإثارة وتظهر خلايا العضلات انخفاضا فى عتبة التنبيه . كما أن أيونات الكالسيوم تلعب دورا أساسيا فى تجلط الدم وكذلك فى التحام الخلايا وفى تنظيم نفاذية شعيرات الدم .

الفوسفور أيضا عنصر هام بالدم وتركيزه يتناسب عكسيا مع تركيز الكالسيوم (٢ - ٥ مجم / ١٠٠ مل) وبالإضافة لأهميته في تركيب العظام التي تحوى ٨٠% من فسفور الجسم فهو مكون رئيسي للأحماض النووية والفوسفوليبيدات وكذلك تكوين المركبات الغنية بالطاقة كما أنه يكون جزءا هاما في التوازن الحامضي - القاعدي بالبلازما .

وعملية تنظيم مستوى الكالسيوم والفوسفور بالجسم (شكل ١٠ - ٢٠) هي من نتائج تأثير هرمون الباراثرمون المفرز من الغدة الجاردرقية وهرمون الكالسيتونين المفرز من الغدة الدرقية وهرمون ١ ، ٢٥ - هيدروكسي كولي كالسيفرول المشتق من فيتامين د٣ .

١ - هرمون الباراثرمون (PTH) Parathormone

هرمون عديد ببتيد يتكون من ٨٤ حامض أميني وتفرزه الغدة الجاردرقية Parathyroid glands . وهذه الغدة تتكون من زوج أو اثنين من الغدة الصغيرة تقع عند أو بالقرب من الغدة الدرقية كما في حالة بعض الثدييات (الإنسان - الخيل - أكلات اللحوم) أما في المجترات فقد يوجد بها غدد أخرى تقع خارج الدرقية بالقرب من التشعب الوداجي . والخلايا المفرزة للهرمون هي الخلايا الأساسية Chief cells ويوجد بالغدة خلايا أخرى شديدة القابلية للصبغ oxyphil cells تمثل درجات مختلفة من النشاط الإفرازي .

الوظيفة الرئيسية للباراثرمون هو حفظ مستوى الكالسيوم والفوسفور بالدم ثابتة وذلك يتم من خلال تأثيره على ٣ مواقع بالجسم هي العظام والكلية والأمعاء .

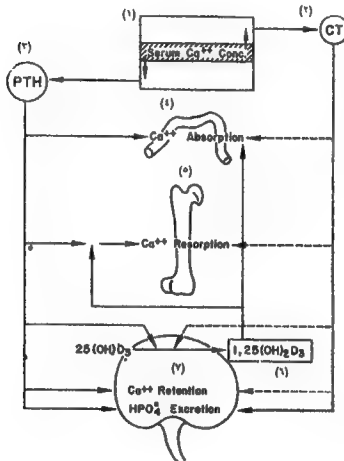
١ - التأثير على العظام : يقوم الباراثرمون بالتأثير مباشرة على العظام مؤديا لتحللها وتحرر الكالسيوم والفوسفات كما أنه يحدث تحلل للمادة الأساسية للعظام Matrix .

٢ - التأثير على الكلية : الباراثرمون يقوم بزيادة كمية عنصر الفوسفات المخرجة بالبول . ونظرا لأن الكالسيوم والفوسفات يوجد في حالة توازن بالدم $ca \times po_4 = Const$ فإن زيادة إخراج الفوسفات ينجم عنها زيادة مستوى كالسيوم الدم . كما أن الباراثرمون يثبط امتصاص الفوسفات بالفيتات البولية ويسرع من احتجاز الكالسيوم . ومن تأثيراته كذلك تشجيع تخليق هرمون الداي هيدروكسي كولي كالسيفرول .

٣ - التأثير على الأمعاء والأعضاء الأخرى : يسرع الباراثرمون من امتصاص الكالسيوم والفوسفات بالأمعاء وفيتامين « د » دور مشجع في هذه العملية . كما

أنه يقلل من إفراز الكالسيوم باللاين وينبه إفراز البرولاكتين .

فعل الباراثرمون يتم عن طريق تنشيطه للإنزيم الأدينيل سيكلاز ونبيه تكون الـ cAMP الذي يؤثر على غشاء الميتوكوندريا مؤديا لزيادة كالسيوم الخلايا . وتنظيم إفراز الباراثرمون يتم بواسطة تغير مستوى الكالسيوم بالدم (شكل ١٠ - ٢٠) حيث يقل إفرازه عند زيادة الكالسيوم (أو نقص الفوسفات) بالمسيرم ويزيد إفرازه عند نقص الكالسيوم (أو زيادة الفوسفات) بالمسيرم .



شكل ١٠ - ٢٠ : دور الهرمونات في تنظيم كالسيوم الدم (الخط المستمر تنبيه والخط المنقطع تثبيط)
(عن سولامون)

(١) الدم (٢) الكالسيوم (٣) الباراثرمون (٤) الأبناء (٥) النظام (٦) الكلى كالسيوم (٧) الكلى

٢ - هرمون الكالسيتونين (CT) Calcitonin

هرمون عديد الببتيد يتكون من ٣٢ حامض أميني ورابطة ثنائية الكبريت بين الأحماض ١ - ٧ وهو مقطع متشابه بين هرمون الأنواع المختلفة ويفرز الهرمون من الخلايا التي توجد خارج الحويصلات parafollicular cells بالغدة الدرقية .

الوظيفة الرئيسية للكالسيتونين هي خفض مستوى الكالسيوم بالدم وهو بالتالي يصاد فعل البارائرمون مما يؤدي لضبط مستوى الكالسيوم بالدم . وفعله مباشرة على العظام وربما أيضا على الكلية والأمعاء (شكل ١٠ - ٢٠) .

١ - التأثير على العظام : يشجع الهرمون تكوين العظام حيث ينشط تكوين الخلايا العظمية وترسيب الكالسيوم والفوسفات بها كما يقلل الهرمون من تحلل وتكسير العظام وهو يمنع رحيل الكالسيوم والفوسفات من العظام للدم وبذلك يؤدي لنقص محتواهم بالدم .

٢ - التأثير على الكلية : الكالسيتونين يقلل إعادة امتصاص الكالسيوم وبالتالي إخراجها بالبول في حين يشجع إخراج الفوسفات (مثل البارائرمون) ويثبط تخليق هرمون الكولي كالسيفرول بالكلية .

٣ - التأثير على الأمعاء : حيث يقلل امتصاص الكالسيوم (وربما الفوسفات) من الأمعاء .

ويتم تنظيم إفراز الكالسيتونين عن طريق مورد رجعي بسيط ، حيث يزيد الإفراز ويقل تبعاً لارتفاع أو انخفاض كالسيوم الدم وفي اتجاه مضاد للمورد الرجعي المنظم للبارائرمون .

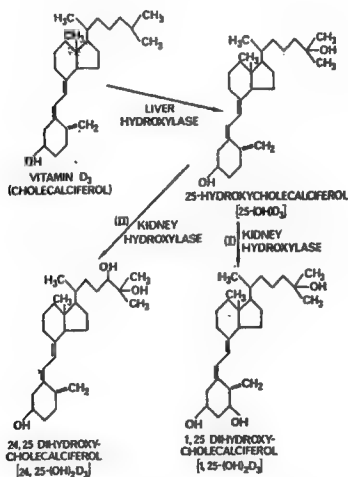
٣ - الداي هيدروكس كولي كالسيفرول 1,25-Dihydroxycholecalciferol

فيتامين د٣ (كولي كالسيفرول) تضاف له مجموعة ايدروكسيل بالكبد وينتج مركب ٢٥ - هيدروكس كولي كالسيفرول . ثم تضاف له مجموعة أخرى بالكلية وينتج مركب ١ ، ٢٥ - داي هيدروكس كولي كالسيفرول (شكل ١٠ - ٢١) أو يتكون في الجلد نتيجة تعرض مركب ٧ - ديهدور كولسترول لأشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية .

هرمون الهيدروكس كولي كالسيفرول يساهم في تنظيم مستوى كالسيوم الدم وتكلس العظام ويتم ذلك بواسطة تنبيه امتصاص الكالسيوم والفوسفات من الأمعاء وتشجيع نمو

ما تركس الغضاريف والعظام وترسيب المعادن بها . وهناك تعاون مشجع بين الكولى كالسيفرول والباراثرمون .

وينظم إفراز الهرمون بواسطة مستوى الكالسيوم والفوسفات بالدم حيث أن نقص الكالسيوم يشجع إفراز الباراثرمون الذى يقوم بالتالى بتشجيع تخليق وإفراز الهرمون بالكلية . فى حين أن زيادة مستوى الكالسيوم يشجع إفراز الكالستونين ومثبط لتخليق الهرمون بالكلية (شكل ١٠ - ٢٠) . هرمونى البرولاكتين والنمو والاستروجينات تشجع إفراز الهرمون ، كما أن أشعة الشمس تشجع تخليق الهرمون .



شكل ١٠ - ٢١ : تركيب وتمثيل فيتامين د٣
وكيف يتم تخليق هرمون ٢٥.١ - داي
هيدروكس كولى كالسيفرول
(عن سولتسون)

هرمونات الجهاز الهضمي

Gastrointestinal Hormones

تفرز بعض المواد الهرمونية من مخاطية المعدة والأمعاء وتحمل بواسطة الدم أو من خلال تجويف الأمعاء حيث تؤثر على نشاط المعدة ، الأمعاء ، البنكرياس والحوصلة المرارية (شكل ١٠ - ٢٢) ويمكن تلخيص تأثير أهم هرمونات القناة الهضمية في الآتي :

١ - الجاسترين Gastrin : مركب عديد الببتيد يفرز بالدم من خلايا بمقدمة المعدة ويسبب تنبيه الخلايا الجدارية Parietal cells لتفرز حمض الأيدروكلوريك . وكذلك ينبه الخلايا الرئيسية لتفرز الببسينوجين Pepsinogen . ويؤثر الجاسترين على الكبد ليزيد من إفراز الصفراء .

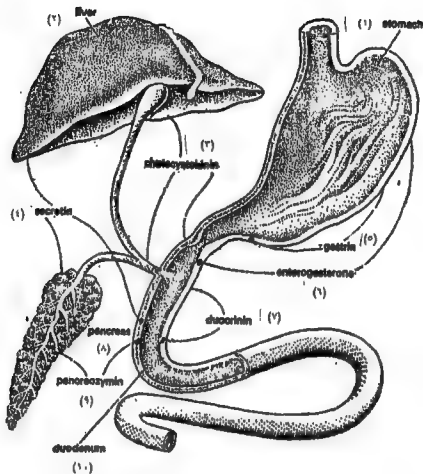
٢ - الكولي سيستوكينين Cholecystokinin : يفرز من مخاطية الاثنى عشر عند دخول مخلوط الطعام ويؤدي لزيادة انقباض الحويصلة الصفراوية وإطلاق الصفراء مما يسرع من عملية هضم الغذاء وخاصة الدهون . ويتشابه فعل هذا الهرمون مع فعل البنكريوزايمين .

٣ - البنكريوزايمين Pancreozymin : هرمون يفرز من مخاطية الاثنا عشر ويعمل على البنكرياس مؤدياً لتحرر عصيره المحتوي على الانزيمات . وهو يتعاون مع هرمون السكرتين لتشجيع إفراز العصير البنكرياسي ودفعه عبر القناة البنكرياسية للأثنى عشر للمساعدة في الهضم .

ويعمل البنكريوزايمين والسكرتين على المعدة لحد ما لتقليل حركة وإفراز المعدة وبالتالي يبطئ مرور الطعام للأثنى عشر وفي نفس الوقت تسبب زيادة الإفراز الانزيمي والبكربونات للبنكرياس مما يؤدي لمعادلة الحموضة بالأثنى عشر وزيادة هضم الطعام .

٤ - السكرتين Secretin : هرمون بروتيني يفرز من مخاطية الاثنى عشر عند وصول الطعام الحامض من المعدة للأمعاء . ويقوم بتنبيه الإفراز المائي للبنكرياس والمحتوي على تركيز عالي من كربونات الصوديوم . ويؤثر السكرتين أيضاً على الكبد لزيادة مقدار العصارة الصفراوية .

٥ - الانتيروجسترون Enterogastrone : هرمون تفرزه مخاطية الاثنى عشر استجابة



شكل ١٠ - ٢٢ : هرمونات المعدة والأمعاء . مكان الإفراز والتأثير لكل منها يقع داخل القناة الهضمية ولكنها تتنقل من مكان لآخر بواسطة الدورة الدموية

(١) المعدة (٢) الكبد (٣) الكولي سيستوكاين (٤) السكرين (٥) الجاسترون (٦) الأنثروجسترون (٧) البانكرياتين (٨) البانكرياس (٩) التريبس (١٠) الأميليز

لوجود الدهون أو لمحموضة الكتلة الغذائية القادمة من المعدة أو يفرز استجابة لامتلاء الاثنى عشر . وهو يعمل خلفيا على المعدة ليثبط إفراز الجاسترون من خلايا مقدمة المعدة مما يؤدي لتثبيط الخلايا الجدارية . وكذلك يبطىء حركة وتفرغ المعدة مما يعطى الفرصة لتكسير ومعالجة الكتلة الغذائية بالاثنى عشر . ولذلك يسمى عديد الببتيد المثبط للمعدة . Gastric inhibitory Polypeptide (GIP) .

٦ - الديكرينين Duocrinin : هرمون بروتييني عزل من مخاطية الجزء العلوى من الأمعاء الدقيقة وهو منظم لإفراز العصير المعدى .

المواد شبيه الهرمونية

Hormone-like substances

يوجد العديد من المواد تخلق بواسطة خلايا خاصة في بعض مناطق الجسم ولها فعل مشابه للهرمونات . وعمل هذه المواد غالبا يكون في مكان إفرازها أو بقربه ولذلك كثيرا ما تسمى بالهرمونات الموضعية Local hormones وغالبا ما يتضمن فعلها انقباض وانبساط الأوعية الدموية وكذلك انقباض العضلات خاصة الناعمة وأهم هذه المركبات :

١ - هرمونات الكلية

تفرز الكلية مركبين لهما نشاط هرموني هما :

(أ) الانجيوتنسين Angiotensin : هرمون يعمل على المنطقة المكبية في قشرة الأدرينال مسببا إفراز الالدوستيرون الذي يشجع احتجاز الصوديوم بأنابيب الكلية مما يساعد عن طريق الاسموزية على زيادة حجم السائل خارج الخلية . والانجيوتنسين يسبب أيضا انقباض الشرايين عموما وبالتالي زيادة ضغط الدم . ويخلق الانجيوتنسين بمساعدة الرنين ، وهو انزيم محال للبروتين يفرز من الجهاز قرين الحويصلات Juxtaglomerular apparatus عندما ينخفض ضغط الدم الشرياني أو حجم الدم المار بالكلية أو عند انخفاض تركيز الصوديوم في السائل خارج الخلايا . وبمجرد أن يفرز الرنين بالدم فإنه ينشط تحول مركب الانجيوتنسينوجين Angiotensinogen إلى مركب انجيوتنسين I ، وهذا يتحول إلى انجيوتنسين II .

(ب) الارثروبويتين Erythropoietin : مركب جليكوبروتيني يفرز من الكلية ويسمى بالعامل المنبه لخلايا الدم الحمراء Erythropoietic stimulating factor ويفرز عندما يحدث اختناق للأنسجة (نقص الأكسجين) Hypoxia . وبعضه يفرز من الكبد والطحال وهو يعمل على خلايا نخاع العظام لتزيد من إفراز كرات الدم الحمراء مما يعمل على حمل مقدار أكبر من الأكسجين للأنسجة .

٢ - هرمونات الغدة الصنوبرية Pineal gland

توجد الغدة الصنوبرية بالحيوانات الفقرية كجسم مخروطي الشكل يوجد بين التجميدان

الأماميان للجسم الرباعية على الجانب الظهرى للمخ الذى تتصل به عن طريق عنق رقيق . وتفرز الغدة هرمونين هما الميلاتونين Melatonin والميروتونين Serotonin . ويعمل الميلاتونين على تجميع حبيبات صبغة الميلانين بالجلد مؤديا لغياب اللون . ويؤدى الميلاتونين لتأخير النضج الجنسي بالإناث وغياب مظاهر الشياخ ، ولكن فى الذكور يزيد وزن الخصية وينشط تكوين الحيوانات المنوية . السيروتونين يفرز من الغدة الصنوبرية وأيضا من القناة الهضمية والكلية والكبد والمخ والصفائح الدموية وهو يؤثر على بعض مراكز الدماغ ، خاصة تلك المرتبطة بالحالة النفسية والسلوك وتلك المرتبطة بتنظيم حرارة الجسم . وللمركب القدرة على تنشيط القلب وتضييق الأوعية الدموية ولذلك يستخدم لعلاج النزيف . كما وأنه يؤثر على مراكز إفراز بعض الهرمونات مثل البرولاكتين .

٣ - هرمونات الغدة التيموسية Thymus gland

توجد الغدة فى الجزء العلوى من التجويف الصدرى فوق القلب على جانبي القصبة الهوائية وهى تنمو وتتطور فى المراحل الجنينية وبعد الولادة حتى تصل لأقصى وزن قرب البلوغ وتبدأ بعد ذلك فى التراجع ربما نتيجة لفعل هرمونات الغدة الجنسية . وتفرز الغدة هرمون التيموسية Thymic hormone الضرورى لتطور خلايا الدم البيضاء اللازمة للمناعة كما يعتقد بأن الهرمون يساهم فى تنظيم وتطور الجهاز التناسلى .

٤ - القلب Heart

تفرز عضلات الأذين الأيمن للقلب هرمونات أو عوامل مخرجة للصوديوم Atrial Natriuretic Factors (ANF) تتركب من ٢٤ - ٢٨ حامض أمينى وبها رابطة ثنائية الكبريت أهمها عامل يتركب من ٢٨ حامض . يفرز هذا العامل استجابة لزيادة حجم وضغط الدم الوريدي وزيادة أسموزية الدم . ويقوم بالتأثير على الدماغ مؤديا لنقص إفراز الفازوبرسين وخفض استهلاك الماء والأملاح . وكذلك يؤثر على الغدة الجاركلوية فيقل إفراز الألدوستيرون وربما الكورتيزول . ويؤثر على الكلية فيزيد إخراج الماء والصوديوم وربما البوتاسيوم ويخفض إفراز الرنين وبالتالي تكوين الانجيوتنسين II . ويكون محصلة فعل الهرمون زيادة إخراج الماء والأملاح ونقص حجم الدم . كما أن الهرمون يؤثر على العضلات الناعمة محدثا ارتخاء عضلات الأوعية الدموية والأمعاء وبذلك يقل ضغط الدم .

٥ - البروستاجلاندينات Prostaglandins

مجموعة مركبات تتخلق من الأحماض الدهنية غير المشبعة المحتوية على أربعة روابط مزدوجة (حمض الراكيدونيك Arachidonic acid) وتفرز من غدة البروستاتا ، الجهاز العصبي المركزي ، جدار المعدة والأمعاء ، الطحال ، الأدرينال ، الرئتين ، الصرع ، وأجهزة أخرى . وتأثيرها متعدد ويشمل المساعدة في قذف السائل المنوي ونقل الحيوانات المنوية في القناة التناسلية للأنثى . كما أنها تساعد في النبوض حيث تنبض إنتاج البروجسترون نتيجة لتحلل الجسم الأصفر ، مما دعا لإستخدامها في تنظيم الشياخ . وهي تعمل على تسهيل الولادة بتعاونها مع فعل الأكسينوسين . كما تزيد حركة الأمعاء وتقل إفراز العصارة المعدية وبالتالي تفيد في علاج قرحة المعدة . وساهم البروستاجلاندينات في تنظيم ضغط الدم وحركة القلب (تقلل نفاذية الأوعية الدموية فيخفض ضغط الدم وتزيد سرعة القلب وحجم دفعاته) . ويتداخل فعل البروستاجلاندينات مع فعل هرمونات أخرى حيث أنها تنبه نظام الرنين انجيو تينسين مما يعمل على زيادة إفراز الالدوستيرون والكورتيزول والاكسينوسين ونقل البروجسترون ، ولكن بعض البروستاجلاندينات تثبط نشاط الانسولين والجلوكاجون والكانتيكول امينات والباراثرمون . وأخيرا فإن لها تأثير على دور تحت المهاد في تنظيم حرارة الجسم .

٦ - الهستامين Histamine

ينكون في خلايا الجلد والأمعاء والرئة وفي الصفائح الدموية والخلايا البيضاء القاعدية . وهو يسبب خفض ضغط الدم ، ينشط إفراز حامض الايدروكلوريك بالمعدة ويقلل من فاعلية هرمونات الأدرينال . الهستامين يسبب الألم والحكة نتيجة تنبيه النهايات العصبية بالجلد خاصة عندما يتحرر استجابة لبعض المواد (البروتين - حبوب اللقاح - الأدخنة) . كما أنه يسبب زيادة نشاط معظم العضلات الناعمة مثل تلك الموجودة في الرحم والأمعاء والشعب الهوائية لذلك يسبب تضاعف آلام المصابين بالآزمات الصدرية .

٧ - الاستيل كولين Acetyl choline

يفرز عند نهاية الأعصاب الكولنرجية حيث يعمل كناقل عصبي ويقوم أيضا بتسهيل التغيرات الدورية في نشاط العضلات الناعمة الخالية من الأعصاب (مثل الأغشية

المحيطة بالجنين) وفى عضلات القلب وأهداب الخلايا الطلائية بالقصبة الهوائية .

٨ - كينينات السدم Plasma Kinins

عديدات ببتيده تحوى ٩ - ١١ حامض أمينى مثل البراديكينين Bradykinin التى يحوى ٩ أحماض أمينية والكالدين Kallidin ويحوى ١٠ أحماض . وتخلق من جلوبيولين الدم خاصة عند الاحتكاك بالأسطح الغريبة مثل الزجاج أو الطين أو وصول بعض السموم للدم . وهى تسبب انقباض العضلات الناعمة فى نهاية الأمعاء والرحم والشعب الهوائية وكذا اتساع الأوعية الدموية ونقص الدم الشريانى وتزيد من نفاذية الأوعية بما يسمح بهروب البروتينات . وهى تثير النهايات العصبية الحسية مسببة الاحساس بالألم ويثبط الأسبرين فعلها .

الفصل الحادى عشر

الاقلمة للظروف البيئية

Adaptation to environment

اثناء الحياة تمرى المادة والطاقة خلال الجسم ، محدثة اضطرابات للحالة الفسيولوجية الداخلية. وثبات الوسط الداخلى للجسم Homeostasis الذى هو قدرة الكائن الحى على الحفاظ على استقرار حالته الداخلية بالرغم من هذه الاضطرابات يعتبر الصفة المميزة لجميع الحيوانات العليا . ويستلزم ثبات الوسط الداخلى نشاطا متأزرا للعديد من العمليات الفسيولوجية والبيوكيماوية . ومن الممكن الربط بين مراحل التقدم الرئيسية فى تطور الحيوان وبين زيادة استقلاله الداخلى عن نتائج التغير البيئى .

وعادة ما يواجه الحيوان بنوعين من البيئة ، البيئة الخارجية التى تشمل جميع المؤثرات المحيطة بالحيوان ولا يستطيع التحكم فيها ، والبيئة الداخلية التى تضم السوائل المحيطة بالخلايا والتى قد يستطيع الحيوان ان يغير تكوينها وظروفها فى حدود ضيقة . مكونات السائل خارج الخلايا تشمل الماء ، الاملاح ، البروتينات ، الجلوكوز ، الانزيمات والهرمونات ، وهذه يجب ان يكون تركيزها ثابت لان الخلايا تعمل بكفاءة فى مثل هذه الظروف . كذلك فان البيئة الداخلية تحتضن الانسجة وتعمل كوسط لتبادل المواد الغذائية ومخلفات عملية التمثيل وتوزيع الوسائط الكيماوية بمختلف انواعها .

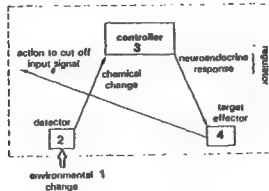
ومفهوم البيئة الداخلية وثبات الوسط الداخلى كان الفضل للعالم كانون W. B. Cannon فى صياغته واستخدم اولا لوصف العلاقة الوظيفية بين الجهاز العصبى الذاتى والهرمونات المنظمة للتمثيل الغذائى فى الثدييات . ولقد ثبت ان البيئة الداخلية للحيوان لا تبقى ثابتة تماما ، ولكن على الاصح تبقى كذلك فى حدود تذبذبات او تغيرات يمكن للجسم ان يتحملها دون تأثير على وظيفته . ويتحقق ثبات الوسط الداخلى بتناسق نشاط عديد من اجهزة الجسم مثل الجهاز الدورى ، الجهاز العصبى ، الجهاز الهرمونى وكذلك ايضا الاعضاء التى تخدم كأماكن للتبادل مع البيئة الخارجية مثل الكليتين ، الرئتين ، القناة الهضمية والجلد . فعن طريق هذه الاعضاء يدخل للجسم الاكسجين والمواد الغذائية والمعادن والمكونات الاخرى لسوائل الجسم ويتم تبادل الماء وفقد الحرارة كما تطرد فضلات عملية التمثيل .

ميكانيكيات ثبات الوسط الداخلي Mechanisms of homeostasis

تحسين انتاجية حيوانات المزرعة يستلزم انتخاب الحيوانات عالية الانتاج وهذا يحتاج لفهم الطرق الاساسية التي يستخدمها الجسم في ثبات الوسط الداخلي . هذه الطرق هي بالضرورة متشابهة في جميع الثدييات . فمثلا لدرجة الحرارة تأثير فعال على سرعة التفاعلات الكيميائية وبالتالي على عمليات التمثيل ونشاط جميع الحيوانات . وتنقسم الحيوانات على اساس ان درجة حرارة الجسم قد تكون متغيرة على حسب حرارة البيئة Poikilothermic مثل اللافقاريات والحيوانات الالوية ، او ان درجة الحرارة قد تكون ثابتة Homothermic رغم تغير حرارة البيئة المحيطة مثل الثدييات والطيور . وتستخدم الحيوانات سبلا مختلفة لحفظ حرارة البيئة الداخلية ثابتة بالرغم من تغير حرارة البيئة نتيجة معيشتها في الاجواء الحارة والباردة . وهذه تتضمن ضبط معدل التمثيل ، التنفس ، دورة الدم ، نقل الموائل والالكتروليتات وسمك الجلد وما عليه من أغطية . حجم المسائل خارج الخلايا والدم المار يتحدد حسب الحاجات الخاصة بواسطة طرق تؤثر على دوران الدم ونقل الملح والماء .

وتحافظ الحيوانات على اتزانها المائي بتقليل احتياجاتها وتعويض كل الماء المفقود خلال البخر عن طريق الجلد والرئة والماء الخارج في البول والبراز بكمية مساوية يحصل عليها عن طريق الشراب ومع الطعام وعن طريق نواتج عملية التمثيل (الماء الناتج من اكسدة ايدروجين الغذاء) .

طرق حفظ ثبات الوسط الداخلي في الحيوان تتم من خلال نظم المورد الرجعى المعقدة (شكل ١١ - ١) والتي تتم بواسطة تناسق وتكامل مختلف اجهزة الجسم تحت



شكل ١١ - ١ : شكل يوضح نظام المورد الرجعى للمنظم لثبات الوسط الداخلي
١ - تغير بيئى ، ٢ - مستقبل عصبى ، ٣ - مركز التنظيم والتحكم ، ٤ - عضو هدف (عن هيث وأوليمانيا)

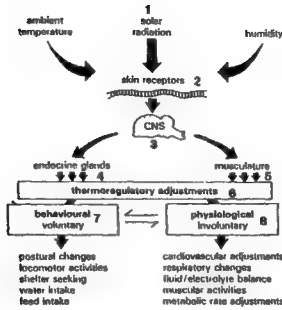
الظروف المختلفة . وهذه بالتالى تنظمها عمليات فسيولوجية مثل استخدام انتشار المواد تبعاً لقوى فرق الضغط ، النقل تبعاً لقوة فرق التركيز ، النقل النشط ومختلف الوسائل المنظمة المحكومة بواسطة الجهاز العصبى الهرمونى .

الجهاز العصبى المركزى وافرزات الغدد الصماء غالباً ما تكون هى المسؤولة عن صيانة ثبات الوسط الداخلى (شكل ١١ - ٢) ويقوم المخ والحبل الشوكى وكذلك مختلف الجزوع العصبية الواردة او الصادرة بنقل النبضات الحسية والمحركة على التوالي من وإلى جلد الحيوان ، العضلات والاعضاء المختلفة . وتعتبر منطقة تحت المهاد من اهم اجزاء الجهاز العصبى المركزى فى تنظيم ثبات الوسط الداخلى ، فهى مركز للتحكم فى تنظيم حرارة الجسم ، وتناول الغذاء والماء ، تنظيم الضغط الاسموزى ونشاط الجهاز الدورى .

تحت المهاد تعمل أيضاً كوسيط هام بين الجهاز العصبى والغدد الصماء من خلال افرازاتها العصبية أو هرموناتها التى تصل للغدة النخامية . وفى عملية صيانة ثبات الوسط الداخلى فان الغدة النخامية تنشط مباشرة فى حين أن الغدتين الدرقية والجاركلوية تنشط بطريقة غير مباشرة . وهناك علاقة عكسية بين الظروف البيئية ومعدل التمثيل الغذائى القاعدى والذى ينظمه أيضاً الجهاز العصبى الهرمونى .

الجهاز العصبى الذاتى قد يكون له بعض الدور فى حفظ ثبات الوسط الداخلى ، حيث ان وظيفة الاعصاب الباراسمبثاوية مرتبطة بتنظيم الانشطة اليومية كالهضم وانتظام مرور الدم . فى حين ان الاعصاب السمبثاوية المرتبطة بتجهيز الحيوان للهجوم والدفاع فانها عندما تنشط يزيد مرور الدم للأطراف ويقل مروره للأعضاء وبالتالى تبطىء عملية الهضم .

والدم جزء هام من البيئة الداخلية للحيوان ويلعب دوراً هاماً فى أنشطة ثبات الوسط الداخلى . والجهاز الدورى نفسه يحتاج لتنظيم من خلال تأثير الجهاز العصبى الذاتى والهرمونات على مرعة القلب ، حجم الدم الخارج من القلب ، ضغط وتركيب الدم . والدم يساعد فى تنظيم حرارة الجسم ، حفظ تركيز ثابت من الماء والالكتروليتات بالخلايا ، حفظ تركيز ايونات الايدروجين بالجسم ويساعد فى الدفاع ضد الكائنات الدقيقة . ويساهم فى هذه العملية كلا من خلايا الدم ومكوناته السائلة .



شكل ١١ - ٢ : صليات التعويض المعتادة لتثبيت الوسط الداخلي للحيوانات عند تعرضها لظروف بيئية مختلفة.
 (١ - عوامل بيئية ، ٢ - مستقبلات بالجلد ، ٣ - جهاز عصبي مركزي ، ٤ - غدد صماء ، ٥ - عضلات ، ٦ -
 ضوابط تنظيم الحرارة ، ٧ - تغيرات سلوكية إرادية ٨ - تغيرات فسيولوجية لا إرادية) (عن هيث وأوانيسانيا)

World climates العالم مناخ

المناخ عبارة عن توليفة عناصر تضم الحرارة ، الرطوبة ، الامطار ، حركة الهواء ، ظروف الاشعاع ، الضغط الجوي والتأين . وقد عملت عدة محاولات لتوصيف المناخ وأفضلها هو الذى وصفه هولندرج 1959 Holdridge ويضم مكونات مثل خطوط العرض والارتفاع ، مستوى الامطار ومتوسط الحرارة وهو ما يهتم المزارعين بصفة خاصة (شكل ١١ - ٣) . والاقسام المناخية الرئيسية فى العالم يمكن وضعها تحت الاقسام التالية : مناطق رطبة استوائية ، رطبة تحت حارة ، رطبة قارية (أوروبية) ، مناخ جاف (صحراوي) ، ممطر جاف استوائى واخيرا المناخ الجاف (شبه قاحل وتحت رطب) . وبالطبع فهذه الاقسام لا توضح الاختلافات المناخية المحيطة بالحيوان مباشرة Microclimates .

ويهمنا فى هذا التوصيف المنطقة ذات المناخ الجاف او شبه الجاف ، فهذه المنطقة المناخية ذات الرطوبة المنخفضة تتصف بتغيرات موسمية حادة مع قلة سقوط الامطار وموسم جفاف طويل . تغيرات درجة الحرارة اليومية والموسمية تكون واسعة ، الرطوبة قليلة فى معظم فترات العام وكذلك فإن اشعة الشمس شديدة نظراً لجفاف الجو

وصفاء السماء . ورغم ان المعدل السنوى لسقوط الامطار يتراوح بين ٢٥٤ - ٥٠٨ ملم (١٠ - ٢٠ بوصة) فان سقوط الامطار قد يكون شديدا وغير منتظم الحدوث . هذا المناخ يلاحظ فى المناطق شبه الجافة بوسط أفريقيا والتي تضم مصر ، جنوب وشمال مناطق السفانا ، فى غرب آسيا والهند ، فى شمال استراليا وفى مناطق صغيرة من شمال ووسط وجنوب امريكا . هذه المنطقة المناخية المتصفة بقلة الرطوبة تكون اكثر مناسبة للانتاج الحيوانى عن اى نوع آخر من الزراعة ، ولكن انتاجية الحيوانات تقل نتيجة لعدم توافر الغذاء والماء وبالتالى الاجهاد الغذائى وكذلك الاجهاد المناخى . مقاومة الطفيليات الداخلية والخارجية تكون اكثر سهولة ولكن مقاومة الامراض الوبائية ما زالت صعبة . هذه المنطقة تحت الحارة تكون اكثر مناسبة لتربية الماعز ، الاغنام والجمال عن الماشية . وفى الاماكن الاكثر جفافا فان الحيوانات البرية قد تكون اكثر اقتصاداً ومناسبة للبيئة .

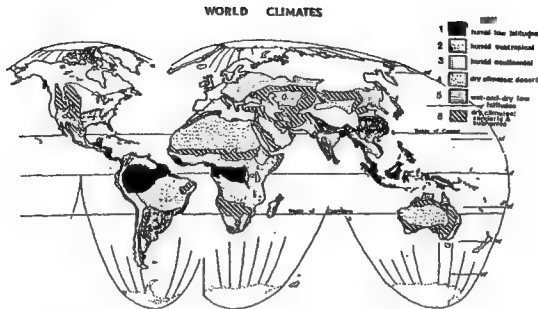
الصحارى ذات المناخ الجاف توجد فى المناطق تحت الحارة وقد تكون بعيدة عن خط الاستواء ، غير ان مساحات صغيرة من الصحارى تقع داخل المنطقة الحارة فى الصحراء الجنوبية ، جنوب غرب الجزيرة العربية والساحل الباسفيكى لشمال شلى . مناخ الصحراء الحارة قليلة الارتفاع ينصف باتساع مدى درجات الحرارة من صفر - ٥٢° م (٣٢ - ١٢٢ ف) مع عدم وجود تغيرات موسمية فى سقوط الامطار والتي قد تكون غير جوهريه فى كميتها . والصحارى قد توفر المعيشة لعدد محدود جداً من الحيوانات فيما عدا الحقل المروية التى توفر الاعلاف . وفى افريقيا وغرب آسيا فان اصحاب القطعان الذين يتبعوا رخات الامطار عبر الصحراء ، ويفنوا قطعانهم على النباتات التى تنمو لفترة قصيرة بعد سقوط الامطار .

مقاييس استجابة الحيوانات الزراعية للمناخ

Indices for livestock responses to climates

قابلية الحيوانات الزراعية لتنمو وتفرز لبن وتتنامى لاقصى حد يؤهلها التركيب الوراثى يتوقف على البيئة البيولوجية والمناخية وتفاعلها خلال مراحل النمو والتطور .

ولكل مجموعة من الحيوانات منطقة جغرافية معينة تكون فيها الظروف الجوية ملائمة للانتاج الطبيعى . او انها تلك الظروف البيئية التى لا تضر بالتوازن الحرارى للحيوان بدرجة تقلل من انتاجيته او ذات درجة حرارة لا يمكن للحيوان معها ان يحافظ على اتزانه الحرارى . الحدود الحرجة العليا والدنيا من درجات الحرارة الحدية تختلف



شكل ١١ - ٣ : مناخ العالم (١ - رطوبة استوائية ، ٢ - رطوبة تحت حارة ، ٣ - رطوبة قارية ، ٤ - جافة صحراوية ، ٥ - ممطر جاف ، ٦ - جاف ، شبه قاحل وتحت رطب) (عن جولسون) .

فيما بين انواع وملالات الحيوانات الزراعية . درجة الحرارة العلى تكون مرتفعة للانواع والملالات التى نشأت فى المناطق الحارة والحدود الدنيا ترتفع للانواع التى نشأت فى المناطق الحارة . والعكس محتمل للملالات والانواع التى نشأت فى المناطق المعتدلة . فمثلا المدى الحرارى الملائم لمائشبة المناطق المعتدلة يتراوح بين ١٠- إلى ١٦°م فى حين يكون المدى الحرارى الملائم لمائشبة المناطق الحارة يتراوح بين ١٠ - ٢٧°م . ويوضح الشكل رقم ١١ - ٤ درجة الحرارة المناسبة للنتاج المثالى لأنواع الحيوانات الزراعية حيث فى هذه الحدود من درجات الحرارة يحدث تحول الغذاء الى لحم ولبن بكفاءة . ولقد اقترح كمال واخرون ١٩٨٨ استخدام التغير فى محتوى ماء الجسم كمقياس لقدرة الحيوان على تحمل درجات الحرارة البيئية

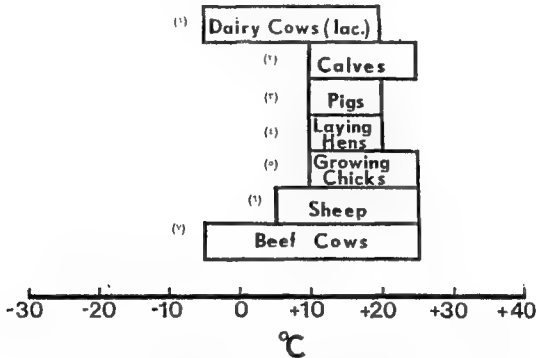
واستخدام معامل (TBW-heat tolerance index (TBW-HTI) ويقدر باستخدام المعادلة

$$TBW - HTI = 100 - \left(\frac{TBW_c - TBW_s}{TBW_c} \times 100 \right)$$

حيث ان TBW_c ، TBW_s يعنى

المحتوى المائي للحيوانات تحت درجة الحرارة العادية وعند التعرض للاجهاد الحرارى .

Zone for Optimal Production



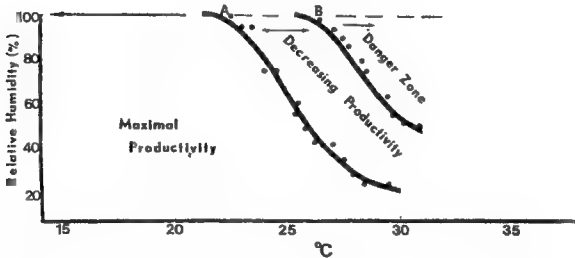
شكل ١١ - ٤ : النطاقات الحرارية الملائمة لنمو وإنتاج حيوانات المزرعة (من جونسون)

(١) أبقار اللبن (٢) المجدول (٣) الخنازير (٤) الدواجن البالغة (٥) الكتاكيت النامية (٦) الأغنام (٧) أبقار اللحم

ولرطوبة الجو تأثير على نمو وكفاءة الحيوان . ففي دراسة على الماعز ظهر انه عند درجة حرارة ٣٠° يتضاعف البخر التنفسي عندما تقل الرطوبة النسبية في الجو من ٩٠ الى ١٥٪ ، ولكن البخر عن طريق الجلد لا يتغير كثيرا . وعموما فان تأثير نسبة الرطوبة يختلف باختلاف درجات الحرارة فالحيوان يحتمل درجات أعلى مع نسبة رطوبة منخفضة بدون انخفاض انتاجه . يوضح الشكل رقم ١١ - ٥ مختلف توليفات الرطوبة والحرارة التى لها نفس التأثير على الماشية الحلابة . والخط A يمثل الحد الاعلى الحرج من الحرارة والرطوبة للاقصى انتاج لبن من ماشية الفريزيان فى حين ان الخط B يمثل اقل مدى من الحرارة والرطوبة والتي بعدها تصبح البيئة خطرا على

معيشه الحيوان .

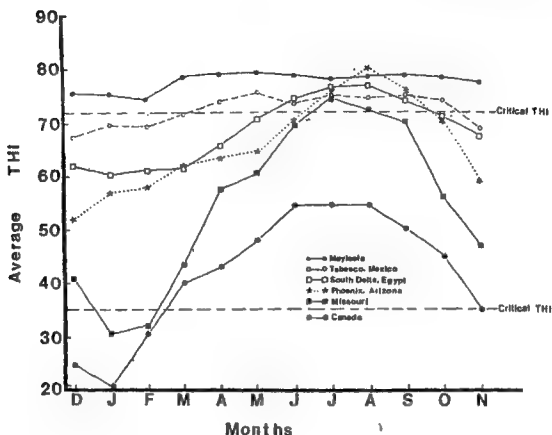
ولقد امكن استنتاج دليل الحرارة والرطوبة (THI) Temperature-humidity index للوصف العام لتأثير المناخ على المظهر الانتاجى للحيوان وهو قيمة تستنتج من درجة حرارة ورطوبة البيئة كالآتى $THI = tdb (F) - 0.55 (1 - RH) (tdb - 58)$ ، وأقل متوسط لقيم THI يلاحظ فى النصف الشمالى من العالم فى يناير ويصل لدرجة تكون أقل عن المستوى الحرج للانتاج اللبن وذلك فى كندا وميسورى . وبعض المناطق المناخية تكون فيها قيمة THI اعلى عن ٧٢ فى خلال العام كما فى ماليزيا ، وفى المكسيك لمدة ٧ - ٨ اشهر ، مصر لمدة ٤ - ٦ اشهر واريزونا لمدة ٣ - ٤ اشهر . وفى غرب كندا لا تصل متوسط قيم THI الى ٧٢ فى اى شهر من العام . وعند قيم الـ THI التى تزيد عن ٧٢ فان ماشية الفريزيان التى نشأت فى المناطق المعتدلة تصبح أقل انتاجا بدرجة تعتمد على الفترة التى يكون فيها THI اعلى من ٧٢ (شكل ١١ - ٦) .



شكل ١١ - ٥ : منحنيات توضح مختلف توافقات الحرارة والرطوبة وتأثيرها على إنتاج اللبن من إهليلج الفريزيان
ونقط (A) يمثل قيم THI تعادل ٧٢ ، ونقط (B) يمثل THI تعادل ٧٨ ، (عن جونسون)

عوامل الطقس الأخرى بالإضافة للحرارة والرطوبة تشمل الرياح . وعند زيادة درجة الحرارة عن درجة حرارة التعادل الحرارى فان حركة الهواء عموما يعتقد بأنها مفيدة لإنتاج الماشية . ولقد اتضح ان استخدام المراوح فى أعلى مداود الغذاء وبالاسطوانات تزيد إنتاج اللبن بمقدار ٢ كيلو / رأس / يوم وذلك عن الماشية المرباه فى الحظائر المسقوفة . ولقد استخرج Bacta ومساعدوه عام ١٩٨٥ دليل المعادل الحرارى

Equivalent temperature index - ETI والذي يشمل في مكوناته الحرارة والرطوبة والرياح وذلك للحيوانات عالية الأضرار ومنه يظهر انه عند الرطوبة العالية فان سرعة الرياح تقلل ETI جوهريا .



شكل ١١ - ٦ : متوسط قيم دليل الحرارة الرطوبة THI اليومية في مختلف المنطق المناخية في نصف الكرة الشمالي .

المنطقة الواقعة بين خط THI ٣٥ - ٧٢ هي الملائمة لإنتاج اللين . (عن جونسون)

لاشعة الشمس تأثير على انتاجية الحيوان فهي قد تفيد في تخليق بعض الفيتامينات (VD) وكذلك تدفأة عند البرودة ولكن الاشعة الشديدة ترفع حرارته لدرجة قد تؤدي لحرقه وقد تكون مسببا لمرطبان الجلد . ولذلك فان الجلد الملون وكذلك المغطى بشعر أو صوف ابيض يساعد في وقاية الحيوان من اشعة الشمس ، كما ان المظلات تقي الحيوانات اثر أشعة الشمس في المناطق الحارة .

الاستجابات الفسيولوجية للجو الحار Physiological responses to heat

تتصف المناطق الحارة بأن درجة حرارة الجو تتراوح بين ٢٢ - ٣٢ °م وأكثر وكذلك تتميز بأشعاع شمسي كبير ، وبالاقتراب من خط الاستواء ترتفع نسبة الرطوبة ويزيد سقوط الأمطار في معظم فصول السنة (شكل ١١ - ٣) . وعليه فإن الضوابط الفسيولوجية لحيوانات المناطق الحارة تتجه في محافظتها على التوازن الحراري نحو فقد الحرارة .

الحيوانات المستأنسة في المناطق الحارة الاستوائية تستجيب للجو المحيط المرتفع الحرارة والرطب لدرجة لا تسمح بزيادة افراز الماء (عن طريق التنفس) لتبريد الجسم فتغير مستوى بعض أنشطتها الفسيولوجية ، وينجم عن ذلك عادة انخفاض العمليات الانتاجية مثل النمو وإنتاج اللبن والتناسل . وفي المناطق الحارة الجافة هناك اضرار أخرى اضافية ترجع لشدة الأشعة . والحيوانات التي تمتلك وسائل تنظيم الحرارة بكفاءة تكون أكثر ملائمة للحياة والعيش والانتاج عن تلك التي لا تمتلك مثل هذه الوسائل .

تنظيم درجة الحرارة Temperature regulation

تتراوح درجة حرارة جسم معظم الثدييات بين ٣٦ - ٣٨ °م وهي أقل لحد ما عن تلك الخاصة بالطيور والتي تتراوح عادة بين ٤٠ - ٤٢ °م (جنول ١١ - ١) ويتم الحفاظ على الدرجة الثابتة بواسطة أيزان دقيق فيما بين إنتاج الحرارة وفقدها ، وهذا ليس امرا هينا عندما تكون هذه الحيوانات في حالة تبادل مستمر بين فترات راحة وفترات زائدة النشاط .

ويحصل الحيوان على الحرارة عن طريق التمثيل الغذائي الذي يتضمن أكسدة المواد الغذائية وعن طريق التبادل الحراري بالأشعاع والتوصيل والحمل مع الجو المحيط . وتفقد الحرارة بواسطة الإشعاع والتوصيل والحمل الى وسط أكثر برودة وبواسطة بخر الماء . والحيوانات الثديية والطيور يمكنها التحكم في كلتا العمليتين من إنتاج الحرارة وفقدها في حدود تكاد تكون واسعة . فإذا أصبح الحيوان بارداً جداً فإنه يستطيع توليد الحرارة عن طريق زيادة النشاط العضلي (تمرينات وارتعاش) أو يقلل من فقد الحرارة بزيادة عزل جسمه . وإذا أصبح الحيوان دافئاً جداً فإنه يستطيع ان يقلل من إنتاج الحرارة وان يزيد من فقدها .

جدول ١١ - ١ : متوسط درجة حرارة جسم الحيوانات (المستقيم)

النوع	درجة الحرارة (°م) المدى	المتوسط	النوع	درجة الحرارة (°م) المدى	المتوسط
ابقار اللحم	٣٦,٧ - ٣٩,١	٣٨,٣	الاعنام	٣٨,٣ - ٣٩,٣	٣٩,١
ابقار اللبن	٣٨,٠ - ٣٩,٣	٣٨,٦	الماعز	٣٨,٣ - ٤٠,٧	٣٩,٨
الحصان	٣٧,٢ - ٣٨,١	٣٧,٦	الارانب	٣٨,٦ - ٤٠,١	٣٩,٥
الفرس	٣٧,٣ - ٣٨,٢	٣٨,٨	الدجاج	٤٠,٦ - ٤٣	٤١,٧
الجمال	٣٦,٣ - ٣٨,٣	٣٧,٥			

وعند زيادة درجة حرارة الجو المحيط فان الحيوانات تستطيع ضبط مستوى العمليات الفسيولوجية في محاولة للأقامة على المعيشة في البيئة الحارة . وتستخدم الحيوانات الوسائل التالية لتوازن إرتفاع درجة حرارة البيئة المحيطة :

- ١ - البحث عن الظل .
- ٥ - زيادة النشاط الهرموني .
- ٢ - زيادة معدل مرور الدم للجلد بواسطة
- ٦ - زيادة الشعور بالعطش وشرب الماء
- انصاع الاوعية الدموية القريبة من
- سطح الجلد .
- ٧ - زيادة درجة حرارة الجسم .
- ٣ - زيادة العرق .
- ٨ - تغير استعمال ماء الجسم
- ٤ - زيادة سرعة التنفس (اللهاث) .

وهناك اختلافات بين الانواع والسلالات في درجة حدوث عوامل التعويض هذه عند تعرضها لدرجات الحرارة (جداول ١١ - ٢، ٣) . نقص كمية الغذاء قد تكون اهم هذه التأثيرات نظرا لان انخفاض كمية الغذاء تؤدي الى نقص العمليات الانتاجية مثل النمو وانتاج اللبن والتناسل .

واذا فشلت وسائل التعويض السابقة في الوصول بالحيوان لحالة التوازن او التعادل الحرارى ، حينئذ فان مراحل متدرجة من فقد القدرة على تنظيم الحرارة يبدأ حدوثها . اعراض هذا الفشل تتضمن الاسهال (الروث المائي) ، الضعف العام ، الترنح والقشنج .

زيادة توارد الدم للجلد تبدأ عند ارتفاع حرارة البيئة بمقدار ١-٢°م ، ومباشرة بزيادة معدل فقد الحرارة بواسطة التوصيل والاشعاع . واذا لم يكن هذا كافيا ، فان مراكز تنظيم الحرارة تعمل من خلال الجهاز العصبى السمبثاوى منشطة الغدد العرقية التى تعمل

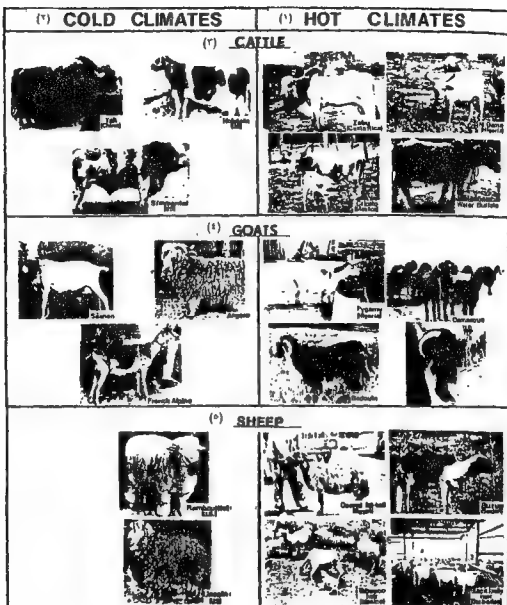
جدول ١١ - ٧ : مقارنة لمظهر ماشية المناطق الحارة والمعتدلة
المؤلفة على مراعى المناطق الحارة .

الصفات	ماشية الزيبو	ماشية الشورتهورن
الغطاء الشعرى	قصير - لامع (عاكس)	طويل (ماص للحرارة)
الغدد العرقية	كبيرة +++	صغيرة ++
التبريد التنفسي	قليل +	متوسط ++
البحث عن الظل	نادر	صادى
نواتج عمل الكرش	+++	++
الامتصاص فى الماء	+++	++
اختلافات حرارة الجسم	++	+
اعادة امتصاص الماء		
- فى القولون	++	+
- فى الكلى	++	+

جدول ١١ - ٣ : مقارنة بين بعض الأنواع الحيوانية فى الحماية بواسطة الغطاء ، التبريد
بواسطة البخر والمحافظة على الماء فى الجو الحار .

للغطاء	التبريد بواسطة البخر	المحافظة على الماء				
اللون	عاكس	عازل	التنفس	العرق	البول	الروث
اغنام الصوف	+	+++	+++	+	++	++
اغنام الشعر	++	++	++	++	++	++
الماعز	++	+	++	++	++	++
الماشية الأوربية	++	+	++	+	+	+
الماشية الهندية	+++	±	+	+	+	++
الجاموس	-	-	+	+	+	+
الجمال	+++	±	-	+++	+++	+++

على زيادة افراز العرق الذى يتبخر فيفقد الحيوان الحرارة . ومن بين الحيوانات
المستأنسة فإن الخيل والجمال تكون مؤهلة جيداً للعرق ويليها الحمير والماشية والاعنام
والماعز على الترتيب . وتحمل الماشية بخراً قدره ٢٠٠ - ٣٠٠ مل / متر^٢ / ساعة ،
يكون ٧٥% من هذه الكمية عن طريق العرق و ٢٥% عن طريق إنتشار الماء من الجلد
Transudation . الحيوانات الزراعية المحلية الموجودة بالمناطق الحارة عادة ما تفرز
عرق بمعدل اكبر عن تلك المستوردة من مناطق باردة (جداول ١١ - ٣، ١١ - ٢) .



شكل ١١ - ٧ : بعض سلالات الماشية والماعز والأغنام التي تعيش في المناخ
البارد والحار . (عن جونسون)

(١) طمس دلم (٢) طمس بارد (٣) قشنية (٤) قماحز (٥) الأغنام

معظم أنواع الحيوانات الزراعية ذات غطاء شعري ، وهو ما يعتبر خط الدفاع الأول ضد حرارة البيئة المحيطة والأشعة الماقطة . نوع ومقدار وكثافة وطول الشعر على الحيوان مهم ويؤثر كثيرا على مقدار العرق . بعض الحيوانات الموجودة بالبيئات الحارة ، خاصة الماشية ، تمتلك غطاء ناعم قصير ولا مع (شكل ١١ - ٧) كما يظهر

جلدا في غطاء الماشية ذات الاصل الهندي . هذا الغطاء يعكس الأشعة الشمسية ويسمح بفقد الحرارة عن طريق تيارات الحمل الهوائي من الجلد . كما أن الصبغات السوداء بجلد هذه الحيوانات (الجاموس) يمنع اختراق أشعة الضوء فوق البنفسجي للجلد .

ميكانيكية ضبط حرارة الجسم Control of body temperature

يتم تنظيم حرارة الجسم عن طريق المراكز العصبية الموجودة في منطقة تحت المهاد Hypothalamus بالجهاز العصبي المركزي . وهناك مركزين في منطقة تحت المهاد يساهما في ثبات حرارة الجسم . ويقوم أولهما بتنظيم عمليات فقد الحرارة في حين أن الثاني يحكم إنتاج وتخزين الحرارة . هذه المراكز العصبية تشعر بتغير حرارة الجسم عن طريق الاشارات العصبية التي تأتيها من المستقبلات العصبية الموجودة بالجلد أو أي مكان آخر (بما فيه الكرش) كما أن هذه المراكز حساسة لدرجة حرارة الدم المار خلالها .

وبالإضافة للمسلك العصبي الممتد من الهيبوثلاموس . الجهاز العصبي الذاتي والمنظم لحرارة الجسم فإن هناك مسلك كيميائي من الهيبوثلاموس ومن خلال الغدة النخامية الخلفية التي تساهم في حفظ الاتزان المائي عن طريق افرازها للهرمون المضاد للثبول (ADH) . كما أن الغدة النخامية الامامية تساهم في تنظيم الحرارة عن طريق افراز الهرمون المنبه للغدة الدرقية (TSH) التي تفرز الثيروكسين الذي يشترك في تنظيم معدل التمثيل الغذائي وإنتاج الحرارة .

تأثير درجات الحرارة العالية على نشاط الغدد الصماء امكن معرفته في حيوانات التجارب ثم في حيوانات المزرعة . ولقد ظهر ان تعرض الحيوانات للظروف الجوية الحارة لعدة ساعات يؤدي لأنخفاض نشاط الغدة الدرقية ، ونقص بسيط في هرمون الانسولين ويقل مستوى افراز هرمون النمو وعدم تغير ملحوظ في مستوى الكورتيزول . أما هرمون البرولاكتين ف لوحظ زيادة تركيزه خاصة في ماشية اللبن التي ينخفض انتاجها معنويا عند تعرضها لحرارة الجو . ويصاحب هذه التغيرات انخفاض في شهية الحيوان وضعف معدلات نمو الحيوانات النامية (شكل ١٥-٤) . ولوحظ ان العكس يحدث عند تعرض الحيوانات للبرد . فالبرد سواء عن طريق الجلد مباشرة أو من خلال تحت المهاد يزيد إنتاج الحرارة سواء عن طريق الارتعاش Shivering أو الوسائل غير الارتعاش Non-Shivering ويتضمن زيادة الانتاج الحراري بفعل هرمونات مثل الـ ACTH, TSH , وهرمون النمو GH .

زيادة سرعة التنفس تعمل أيضا كمكمل هام لزيادة فقد الحرارة في الجو الحار وخاصة في الفترات البسيطة حيث قد تكون اول وأوضح مظاهر الاجهاد الحرارى . زيادة معدل التنفس لفترات طويلة قد تسبب زيادة التهوية ، حيث قد يقل محتوى الحويصلات الهوائية من ثاني اكسيد الكربون ودرجة قد تثبط نشاط مراكز تنظيم التنفس والجهاز الدورى بالجهاز العصبى المركزى . على أن زيادة التنفس قد تتداخل مع التغذية والاجترار ، استعمال الطاقة وانتاج الحرارة وبالتالي تقلل من الكفاءة الانتاجية للحيوان .

تأقلم الجمال Adaptation in the camel

تظهر قدرة الحيوانات المستأنسة على التكيف للبيئات الحارة اوضح ما يمكن فى الجمال . فالجمال كحيوان مجتر يحتاج ويخزن كمية كبيرة من الماء ، وعليه فهو يستطيع تحمل العطش حتى يفقد نحو ٢٥ - ٣٠% من وزنه . وعند استعماله كحيوان عمل فى المناطق الجافة فان هذا الفقد من وزن الجسم يستغرق اسبوع . وعلى اساس نسبة الفقد اليومي من وزن الجسم عند العطش فان الجمال يفقد نحو ٢% مقارنا بنحو ٧% فى الماعز البدوى ، ٣ - ٥% فى اغنام الصوف ونحو ٧% فى الماشية .

معظم الوسائل التى يستخدمها الجمال لصيانة الوسط الداخلى حتى تلك المنظمة لحرارة جسمه تكون مركزة على تجنب فقد الماء والمماح لحرارة الجسم بالارتفاع نهارا . فالماء يخزن بالتجوف الأول للكرش فى حويصلات مائية تبطىء حركة الماء وتحفظه فلا يمر بسرعة لبقية اجزاء القناة الهضمية ولا يتمتع بسرعة . التبريد عن طريق البخر يتم اساسا بواسطة العرق اكثر عما يتم من خلال التبريد التنفسى . والاقتصاد فى استخدام الماء يتضمن اخراج روث جاف حيث يكون المحتوى المائى للروث نحو ٣٤% مقارنا بحوالى ٥٤% فى الاغنام ونحو ٦٥% فى الماشية . والبول الناتج يكون مركز لدرجة تصل لضعف تركيز ماء البحر وهذا يسمح للجمال بشرب ماء اكثر ملوحة مقارنا بالحيوانات الاخرى ، وكذلك يستطيع الحيوان اكل نباتات غنية بالمحتوى المعدنى . ويتركز النسيج الدهنى بالحيوان وهو المخزون الغذائى الرئيسى فى السنام على الظهر بدلا من توزيعه بالتساوى تحت الجلد مما يسمح للحيوان بفقد الحرارة عن طريق الاشعاع .

وربما يكون من الجدير بالملاحظة ان الجمال يسمح لدرجة حرارة جسمه بالارتفاع خلال النهار والانخفاض اثناء الليل . ولذلك فان المتوسط الطبيعى للتغيرات اليومية فى درجة حرارة المستقيم تتراوح بين ٣٥ - ٤٠° م . والجمال يستطيع تخزين العبيء

الحرارى خلال نهار الأيام الحارة ثم يطلقها خلال الليل التالي غالبا عن طريق الحمل من سطح جسمه اكثر عما يكون عن طريق العرق أو الوسائل الأخرى المتضمنة فقد ماء .

مقاومة اثر الحرارة

يمكن مقاومة الآثار الضارة للحرارة على الحيوان بواسطة تكييف هواء الحضائر . ورغم ان هذه الطريقة تعتبر من كفا الطرق ولكنها أكثرها كلفة وقد يمكن الاستغناء عنها بعمل مظلات جيدة التصميم ومصنوعة من مواد عازلة للحرارة مما يقي الحيوان من اثر اشعة الشمس الضارة . ويفضل ان تكون المظلات مرتفعة بالدرجة التي تسمح بتقليب الهواء اما عن طريق المراوح أو بالطرق الطبيعية . كما يمكن تزويد حضائر الحيوانات بأدشاش تدفع رذاذ الماء لتبريد الحيوانات . ويعتبر الاهتمام بتوفير الغذاء والاعلاف الخضراء فى الصيف من الوسائل التي تخفف من العبء الحرارى على الحيوان حيث تزيد الحاجة للماء . كما ان زيادة نسبة البروتين والألياف فى الغذاء غير مرغوبة صيفا لانها تنتج حرارة زائدة عند هضمها بالجسم . اخيرا يعتبر اختيار نوع وسلالة الحيوان الملائم للتربية فى ظروف المناطق الحارة من الأهمية بمكان ، حيث ان هذه الحيوانات تتميز بصفات تشريحية وفسولوجية وسلوكية تكونت فيها خلال عمليات الانتخاب وتساعد على المعيشة فى البيئات الحارة . وعند احلال نوع محسن من انواع الحيوانات محل احد الأنواع المحلية فان ملائمة النوع الجديد يجب تقديرها واخذها فى الحسبان قبل تعميمه ، والا سيكون مصيره الانتثار والفضل فى المعيشة والانتاج فى البيئة الجديدة .

الاستجابات الفسيولوجية للجو البارد Physiological responses to cold

الانخفاض الشديد فى درجة حرارة البيئة من المشاكل التي تعاني منها الحيوانات فى المناطق القريبة من القطب . وتستخدم الحيوانات وسيلتين أساسيتين للحفاظ على الثبات الحرارى فى البيئات الباردة هما اقلال فقد لحرارة بزيادة العزل واقبال توصيل الحرارة وكذلك زيادة انتاج الحرارة .

وتتميز جميع الثدييات التي تسكن المناطق الباردة من الأرض بأن مسطح الجسم الخارجى قليل بالنسبة لوزن الحيوان ويكون الجلد ناعم ومغطى بصوف ناعم أو شعر كثيف طويل (شكل ١١ - ٧) وبالتالي تقل حركة الهواء الملامس للحيوان . وتحت الجلد تترسب الدهون وتقل كمية الشعيرات الدموية . ومن ناحية أخرى فان كمية الدم المارة فى الاطراف والمسطح الخارجى تقل مما يقلل من كمية الحرارة المفقودة . سرعة

تنفس هذه الحيوانات تقل بشكل كبير عند انخفاض الحرارة مما يعمل على حفظ حرارة الجسم .

انخفاض درجة الحرارة يحدث تنبيه عصبى يمر من المستقبلات الخارجية بالجلد الى الهيبوثلامس بالجهاز العصبى المركزى والذي يقوم من خلال هرموناته العصبية بتنشجيع افراز هرمونات الـ TSH والـ ACTH من النخامية الامامية وبالتالي الثيروكسين من الدرقية وهرمونات القشرين: السكرية من قشرة الادرينال وهو الأمر الذى يؤدى لزيادة كمية الغذاء المأكول وكذا معدل التمثيل القاعدة وبالتالي يزيد الانتاج الحرارى . ايضا مع انخفاض درجة حرارة البيئة ينشط الجهاز العصبى السمبثاوى مؤديا لزيادة افراز هرمون الادرينالين والنورادرينالين من نخاع غدة الادرينال وهم يشجعوا زيادة اكسدة المواد الكربوهيدراتية بالانسجة وكذلك زيادة انتاج الحرارة من الدهن البنى .

وتستطيع الحيوانات فى حالة تعرضها للبرد الشديد ان تنتج حرارة اكثر عن طريق نشاط عضلى مكمل يتضمن انقباض وانبساط العضلات بسرعة وذلك فيما يسمى بالارتعاش ويؤدى الى انتاج قدرا من الطاقة يصل الى ١٨ ضعف ولكن لا يمكن لهذا أن يكون لفترة طويلة ، بلى ذلك انتاج الحرارة عن طريق زيادة اكسدة المواد الغذائية أو ما يسمى بتوليد الحرارة بدون ارتعاش Non-Shivering thermogenesis . ويجب ان نعلم ان هذه الطرق الأخيرة لا يستخدمها الجسم فى انتاج حرارة الا فى حالات البرد الشديد وليس عند تعرضه لحالات البرد المعتدلة .

ويمكن مقاومة الأثر الضار للبرد الشديد عن طريق وضع الحيوانات فى حظائر مغلقة أو ذات ثلاث جوانب لحماية الحيوانات من الرياح والمحافظة عليها جافة . حوائط هذه الحظائر يجب أن تكون بالسمك الكافى للعزل الحرارى مما يحفظ حرارة الحيوان ودفعه . ويجب الاهتمام بنوع وكمية الغذاء المقدم للحيوان ، حيث ان زيادة كمية الغذاء وارتفاع نسبة البروتين به تفيد فى مقاومة البرد والمحافظة على انتاجية الحيوان .

الفصل الثانى عشر

التكاثر

Reproduction

التكاثر صفة شاملة لجميع الكائنات الحية ويعنى استنساخ أو إنتاج كائنات جديدة تشبه الأصول . ويتم التكاثر بواسطة خلايا تناسلية أو جاميطات يكونها ابوين وتحدد بالاخصاب لتكوين زيجوت ينمو مكوناً فرداً جديداً .

وتتكون الخلايا التناسلية عن طريق انقسام ميوزى يختزل عدد الكروموسومات الى العدد الفردى ويتم استرداد العدد الزوجى عند الاخصاب ثم يتحول الزيجوت بواسطة عمليات الانقسام العادية (ميوزى) الى جنين يجد المهد الصالح لنموه فى الرحم فينمو مكونا حيوانا كاملا . ومع نهاية مدة الحمل يولد الجنين لقرعاه الأم بدافع من غريزتها الأمية وتغذيه على ما تنتجه من لبن الى ان يصبح قادراً على ان يعمل نفسه ويصبح مكتمل النمو والنضج .

Male reproductive organs الذكرى

يتكون الجهاز التناسلى الذكرى (١٢ - ١) من ثلاث اجزاء رئيسية هى :

١ - اعضاء الجنس الأولية وهى زوج من الخصى Testis وظيفتهم انتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الجنس الذكورية . وفى الثدييات تنشأ الخصية مجاورة للكلية ثم تبعد عنها لتنتهى فى كيس الصفن Scrotum .

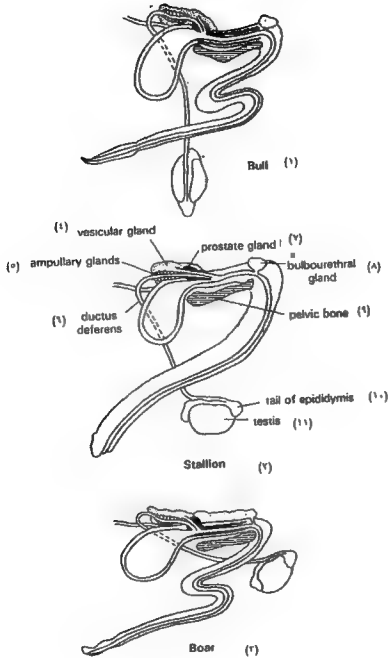
٢ - اعضاء الجنس الثانوية وتضم القنوات التى تستمر ما بين الخصية إلى الخارج وهى القنوات المخرجة Vasa efferentia ، البربخ Epididymis ، الوعاء الناقل Vasa deferentia والقضيب Penis .

٣ - اعضاء الجنس الملحقة وتشمل الغدة الامبولية Ampullary gland عند الجزء المتسع من نهاية القنوات المخرجة ، غدد الحويصلات المنوية Seminal vesicles ، البروستاتا Prostate وغدد كوبر Cowper's glands .

وأهم مكونات الجهاز التناسلى الذكرى :

١ - الخصيتين : Testis

عبارة عن زوج من الغدد التى توجد معلقة فى كيس الصفن وشكلها بيضى وفى



شكل ١٢ - ١

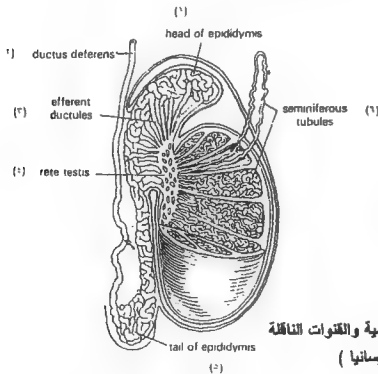
تركيب الجهاز التناسلي الذكرى في بعض أنواع
الحيوانات الزراعية - الثور - الحصان -
الخنزير . (عن هيث وأوليمانيا)

(١) ثور (٢) الحصان (٣) الخنزير (٤) الحدة الموصلة (٥) الحدة الامبرليه (٦) الرعاء القابل (٧) قيروسنفا (٨) عدة كوبر (٩) عظام الموص (١٠)
بل البربخ (١١) المعية

الثور يكون طولها ١٠ - ١٥ سم وعرضها ٥ - ٨ سم وتزن نحو ٣٠٠ - ٥٠٠ جم . وتحاط الخصية بنسيج مصلى يسمى الغلالة الغمدية Tunica vaginalis تصل ما بين الخصية والجدار الداخلى لكيس الصفن . ويغلف نسيج الخصية غشاء ليفى ابيض سميك Tunica albugina يخترق نسيج الخصية ويقسمها لفصيصات تحتوى قنيات منوية Seminiferous tubules (شكل ١٢ - ٢) . جدار القنيات المنوية يتكون من غشاء قاعدى Basement membrane يرتكن عليه نسيج طلائى جرثومى عديد الطبقات يحتوى نوعين من الخلايا :

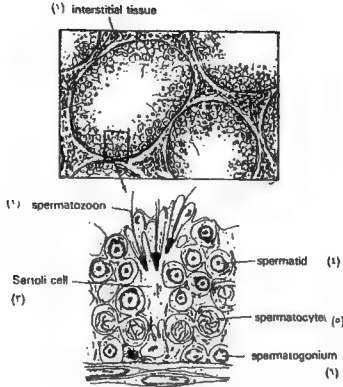
(أ) خلايا جرثومية Germ cells تنتج الحيوانات المنوية .

(ب) خلايا سرتولى Sertoli cells وهى خلايا متطاولة وقواعدها مفلطحة وتقع متعامدة على الغشاء القاعدى . المسافات التى بين القنيات المنوية يشغلها خلايا بينية تسمى بخلايا ليديج Leydig cells تفرز الهرمون الذكرى (شكل ١٢ - ٣) . وتلتقى القنيات المنوية فى حرم أو مؤخر الخصية Rete testis الذى ينتهى عند الطرف العلوى للخصية فى نحو ١٢ من القنوات المخرجة Vasa efferentia تمر من الخصية للبربخ (شكل ١٢ - ٢) .



شكل ١٢ - ٢ : تركيب الخصية والقنوات الناقلة
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) من البربخ (٢) الحرم (٣) المؤخر المخرجه (٤) رطل البربخ (٥) أنسبات المردم



شكل ١٢ - ٣ : قطاع في القنوات المنوية
(عن هيث وأوليمانيا)

(١) مسيج بيلى (٢) الحويصلات المنوية (٣) خلية منوية (٤) خلية منوية أولية (٥) خلية الجنس المنوية

وتحفظ كل خصية في تجويف مستقلة عن الأخرى داخل كيس الصفن Scrotum الذى يعمل من خلال عضلاته وجدرانه اللبغية التى يغطيها الجلد من الخارج على تعليق وتثبيت الخصية وحمايتها من المؤثرات الخارجية . كذلك يقوم بحفظ حرارة الخصية اقل عن حرارة الجسم بحوالى ١ - ٨°ف وهو الأمر الضرورى لتكوين الحيوانات المنوية . وتتم هذه العملية نتيجة لوجود الخصية بعيدة عن الجسم فى الجو الخارجى ، وكذلك نتيجة لحركة النظام العضلى المثبت للخصية والذى يرتخى وينكمش تبعاً لحرارة الجو واخيراً لنظام التمويل الدموى للبربخ والمكون من شرايين وأوردة ملتوية تقع على سطح البربخ فتعمل على تبريد أو تدفئة الدم الواصل للخصية بما يسمح بحفظ حرارة الخصية اقل من حرارة الجسم .

٢ - البربخ Epididymis

عبارة عن قناة ملتوية تبدأ من الحافة الخلفية للخصية حيث تفتح فيها القنوات

المخرجة Vasa efferentia . ويتكون البربخ من ثلاث مناطق هي الرأس Caput ، الجسم Corpus والزيل Cauda (شكل ١٢ - ٢) . ويطن معظم قناة البربخ خلايا افرازية . ويوجد بالرأس اضافة لهذا خلايا طويلة مهدبة تتحرك اهدابها فى اتجاه حركة المواد المفرزة . وتتجمع الحيوانات المنوية بالبربخ وتنضج خلال رحلتها فيه حيث يبلغ طوله ٣٣ - ٣٥ متر فى الثور وربما اكثر من ذلك فى الخنزير (١٥٠ متر) .

ويقوم البربخ بأربعة وظائف هي :

- ١ - نقل Transport الحيوانات المنوية من مؤخر الخصية للقنوات المخرجة بواسطة ضغط سائل الخصية وحركة اهداب الخلايا وتستغرق رحلة الحيوانات المنوية من النسيج الجرثومى لزيل البربخ نحو ٧ - ٩ أيام .
- ٢ - تركيز Concentration الحيوانات المنوية وذلك بامتصاص الماء من افرازات الخصية خاصة بمنطقة رأس البربخ .
- ٣ - نضج Maturation الحيوانات المنوية خلال رحلتها نتيجة لافرازات خلايا البربخ .
- ٤ - تخزين Storage الحيوانات المنوية خاصة فى زيل البربخ . وعند ربط البربخ فى الثور فان الحيوانات المنوية تبقى حية فى البربخ وقادرة على الاخصاب لمدة تزيد عن ٦٠ يوم .

٣ - الوعاء الناقل Vas deferens

عبارة عن انبوية جدارها سميك تتصل بزيل البربخ . وينضم اليها الشرايين والاوردة وعضلة الكريماستر Cremaster ويغلفهم الغلالة الغمدية مكونة الحبل المنوى Spermatic Cord . ويمر الوعاء الناقل لأعلى خلال القناة الاربية قريبا من الرعاء الناقل الاخر الاتى من الخصية الأخرى ليصلا لتجويف الحوض وأخيرا يصبا فى القناة البولية التناسلية Urethra . الوعاء الناقل جيد التمويل النموى والاعصاب والعضلات غير الارادية ولذلك يساهم فى عملية قذف السائل المنوى Ejaculation .

٤ - القناة البولية التناسلية Urethra

عبارة عن ممر عام للسائل المنوى والبول وهى تمتد خلال منطقة الحوض والقضيب وتنتهى عند قمة رأس القضيب كفتحة خارجية للقناة .

٥ - الأعضاء الملحقة The accessory organs

وهي تشمل اساسا ثلاثة اعضاء :

(أ) الحويصلات المنوية Seminal vesicles أو الغدد الحويصلة وهي زوج من الغدد المفصصة تقع كل منها جانب الغدة الامبولية Ampullary gland وافرازاتها غنية بالفركتوز (اكثر من ١٪) وحمض الستريك .

(ب) البروستاتا Prostate وهي غدة تتكون من فصين متصلين ببعضهما . وتقع فوق السطح الظهري للمثانة وتحيط بالقناة البولية التناسلية وتفتح فيها عن طريق قنوات عديدة . وافرازاتها لزجة وذات رائحة مميزة وغنية بالمعادن .

(ج). غده كوبر Cowper's gland (Bulbourethral gland) وهي زوج من الغدد الكروية المصمتة في حجم البندقة (في الثور) وتقع اعلى القناة البولية التناسلية قرب خروجها من التجويف الحوضي وتفتح في قناة البول عن طريق قناة قصيرة . وافراز الغدة مخاطي طرى .

وافرازات الغدد الملحقة تمثل غالبية البلازما المنوية . وهي غنية بالمواد الكربوندراتية وأملاح حمض الستريك والبروتينات والاحماض الامينية والانزيمات والفيتامينات الزائبة في الماء وذات سعة بفرية عالية .

٦ - القضيب The penis

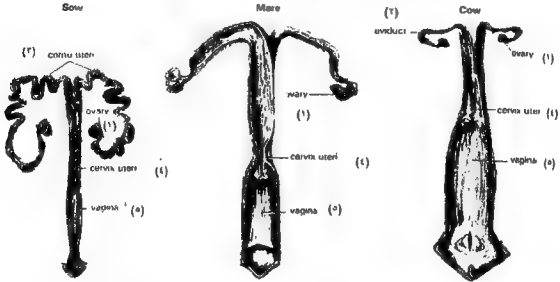
القضيب هو عضو الجماع الذكري ويتركب من نسيج عضلي توترى يشبه الاسفنج تمتد فيه قنوات الدم بنظام غير عادى . ويندفع فيه الدم بضغط عالى عند الاثارة الجنسية مسببا كبر حجم القضيب وانتصابه . وشكل القضيب في الثور يشبه حرف S ويقع امام تجويف كيس الصفن . وتقوم العضلة الساحبة Retactory muscle التي تمتد ما بين فقرات الزيل والانحناء الامامى للثنية القضيبية (شكل ١٢ - ١) بالارتخاء عند القذف والانقباض بعدم فتعيد القضيب لداخل الجراب Sheath لحمايته من الضرر . نهاية القضيب أو الحشفة Glans طولها ٣ بوصات وطول القضيب الداخلى في الثور ٣ قدم وقطره ١ بوصة .

الجهاز التناسلى الانثوى Female reproductive organs

يتكون الجهاز التناسلى للانثى (شكل ١٢ - ٤) من :

١ - مبيضين Ovaries وهما غدد التناسل الاساسية وفيهم يتم تكوين البويضات وتفرز

هرمونات الجنس الانثوية ؛ ٢ - قنوات المبيض Oviducts ومن خلالها تنتقل البويضة للرحم ؛ ٣ - الرحم Uterus وفيه يتم نمو وتطور البويضة المخصبة ؛ ٤ - المهبل Vagina وهو ممر قابل للتمدد وخلالها يمر الجنين من الرحم عند الولادة ؛ ٥ - فتحة الحيا Vulva وهي الجزء النهائي من القناة التناسلية وتساهم في ولادة الجنين .



شكل ١٢ - ٤ : القناة التناسلية في بعض الحيوانات الزراعية (من اليمين لليسار - البقرة - الفرس - الخنزيرة) (عن هيث وأولسانيا)

(١) المبيض (٢) قناة المبيض (٣) فروع الرحم (٤) حلق الرحم (٥) المهبل

وتتتركب أهم أجزاء الجهاز التناسلى الأنثوى من الآتى :

١ - المبيضين Ovaries

عبارة عن زوج من الغدد ببيضية الشكل يتراوح أبعادها بين ١,٥ - ٤ سم في القطر ، ٢,٥ سم في العرض و ١,٥ سم في السمك . ويقع فى التجويف البطنى حيث يرتبط مع الجسم من الناحية الظهرية بالرباط العريض للرحم . ويخلف المبيض طبقة من النسيج الطلائى الجرثومى Germinal epithelium الذى تتكون منه حويصلات جراف بمراحلها المختلفة ويتوزع بينها نسيج ضام ليفى (شكل ١٢ - ٥) . نخاع المبيض يحتوى على الأوعية الدموية والاعصاب ونسيج ليفى وعند كبر من حويصلات جراف فى ادوار مختلفة من التكوين . حيث يحتوى المبيض على ما يزيد عن ٧٥ ألف حويصلة . ويقوم المبيض بتكوين البويضات وهرمونات الجنس الانثوية ويكون كلا المبيضين فعال فى الحيوانات الزراعية .

٢ - قناتي المبيض Oviducts

أو قنوات فالوب Fallopian tubes وهى زوج من الأنابيب المتعرجة تمر محاذية للرباط وطولها نحو ٢٠ - ٢٥ سم وقطرها ٠,١ سم وتتسع فى النهاية القريبة من المبيض لتكوين القمع Infundibulum الذى يتلقى البويضة من حويصلة جراف بعد انفجارها حيث تمر للرحم . الغشاء الطلائى المبطن لقناة المبيض كثير الأهداب التى تتحرك فى اتجاه المبايض . وتتم عملية الاخصاب فى الامبولا Ampulla وهى الجزء المنثنى المنتفخ من قناة فالوب وبعد الامبولا يوجد البرزخ Isthmus وهى انبوية طويلة ضيقة رقيقة كثيرة الالتواء تصل بين الامبولا وطرف قرن الرحم . وتسمى الوصلة بين قناة المبيض والرحم بالوصلة الأنبوبية الرحمية Utero-tubal junction التى تعمل كصمام يسمح بمرور الحيوانات المنوية فى اتجاه قناة المبيض بينما يسمح للبويضة أو الزيجوت بالمرور فى اتجاه الرحم . ويتحكم فى اتساع أو ضيق هذا الصمام مستوى هرمونات الاستروجين والبروجستيرون بالدم والنسبة بينهما .

٣ - الرحم Uterus

يتكون من قرنين حلزوينيين يتحدان مع بعضهما لتكوين جسم الرحم . جدار الرحم يتكون من ثلاث طبقات هم من الخارج للداخل : المصلية Serosa ، العضلية Muscularis والمخاطية Mucosa أو Endometrium . وتحتوى مخاطية الرحم على بروزات أو زوائد لحمية Caruncles تشكل الفلقات cotyledons خلال الحمل وكذلك يوجد بها الغدد الرحمية التى تفرز اللبن الرحمى لتغذية الجنين فى الأعمار المبكرة . وفى الحيوانات غير الحامل يقع الرحم فى التجويف الحوضى وخلال الحمل يمتد بداخل التجويف البطنى وهذا يمكن تحسسه من خلال المستقيم مما يجعله أساس تشخيص الحمل بطريقة الجس الرحمى .

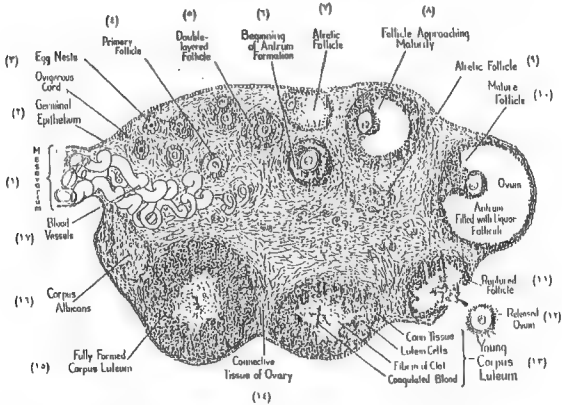
٤ - عنق الرحم Cervix

عبارة عن النهاية الضيقة للرحم والموصلة للمهبل وطوله ١٠ سم ومسكه ٢,٥ سم وأكثر . وتكون جدره سمكة قوية تتكون من ثلاث طبقات وتكون الطبقة العضلية سمكة جداً والمخاطية يظهر بها ثنايا طويلة وحزوز عرضية الأمر الذى يظهر عنق الرحم بشكل ممر حلزوني . ويطلق العنق جيداً خلال الحمل وفى

مرحلة السكون الجنى فى حين يتسع خلال الشياح والولادة . والعنق غنى بخلايا جوبلت Goblet cells المفرزة للمخاط الغزير اللزاق كبير المطاطية خلال الشياح .

٥ - المهبل Vagina

هو عضو الجماع فى الانثى ويمتد من عند الرحم فى الخلف حتى المدخل Vestibule الذى يتحدد عنه بواسطة انثناء أو انقباض دائرى من النسيج المخاطى يسمى اليكاره Hymen . والمهبل عضو مطاط مسئول عن افراز المخاط وتتم من خلاله عملية الجماع والولادة . وتفتح فى وسط سطحه البطنى الفتحة البولية . ويبلغ طوله فى الإبصار ١٨ - ٢٥ سم .



شكل ١٢ - ٥ : قطاع فى المبيض يوضح تطور الحويصلات المبيضية (حويصلات جراب) وفيه يظهر مصدر نمو والتفجار الحويصلات المبيضية وتكوين وتحلل الجسم الأصفر . اتبع اتجاه عقارب الساعة حول المبيض بدأ من مساريفكا المبيض - الميزوفالريم - (عن سويتسون)

(١) المساريفكا (٢) السويج الثلاثى الجورتوس (٣) أعشاش البيضة (٤) الحويصلة الأولية (٥) حويصلة متدوجة الطبقة (٦) بدأ تكوين للجويوب (٧) حويصلة مبرلة (٨) حويصلة قرب التفج (٩) حويصلة ضامرة (١٠) حويصلة ناضجة (١١) حويصلة متفجرة (١٢) بويضه (١٣) جسم أصفر جديد (١٤) النسيج اللحم (١٥) جسم أصفر كامل (١٦) جسم أصفر مصمحل (١٧) أنبوه دمويه

٦ - فتحة الحيا Vulva

هي الفتحة الخارجية للقناة التناسلية والتي تزود بشفتين جانبيتين يظهر على سطحهم الخارجى الشعر . قطر فتحة الحيا اكبر من المهبل وجدرها مزودة بغدد تكون عالية النشاط عند الاثارة الجنسية .

البظر Clitoris يكون صغير وشكله قضيبى ويمائل القضيب فى الذكر غير أنه يكون جامد وهو يقع فى السطح البطنى بفتحة الحيا عند نهاية المدخل وهو حساس جداً ويحتقن عند الشيق .

الهormونات والتناسل Hormones and reproduction

الغرض الاساسى من تربية الحيوان هو انتاج حيوانات تنمو وتكاثر بسرعة وبمعدل اقتصادى ونظراً لأن عمليات النمو والتناسل تخضع بدرجة كبيرة لميطرة هرمونات الغدد الصماء ، ولذلك فان معرفة الهرمونات التى تتحكم فى نشاط الأعضاء التناسلية يمثل أهمية لهؤلاء المهتمين بتربية وتكاثر حيوانات المزرعة .

(أ) دور الهرمونات فى تناسل الاناث :

عند الولادة وبعدها بقليل يحتوى المبيض عديداً من البويضات المحاطة بخلايا محببة Granulosa وعند البلوغ فان الغدة النخامية الامامية تفرز الهرمون المنبه للحويصلات FSH بكميات متزايدة . وهذا يسبب تكاثر الخلايا المحببة وتكوين حويصلات جرافف Graafian Follicles . احياناً بعض الحويصلات قد تصبح كبيرة لدرجة أن تبدأ افراز هرمون الاستروجين Estrogen الذى يعمل على :

١ - المساهمة فى وصول الجهاز التناسلى لنموه الكامل .

٢ - تطور صفات الجنس الثانوية بخلاف الأعضاء التناسلية .

٣ - بدأ ظهور اعراض الشبايح .

وتبعاً للتصور العام فان هرمون الاستروجين المفرز من الحويصلات يعمل على الغدة النخامية مؤدياً لنقص افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH ويشجع افراز هرمون التبويض LH . كما أن الكميات البسيطة من هرمون البروجستيرون Progesterone المفرز من الحويصلات الناضجة تسبب تنبيه الغدة النخامية لافراز هرمون التبويض LH ، وتوقف افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH . وعند هذه

المرحلة يلاحظ سيادة هرمون التبييض LH وثبات الاستروجين .

وينجم عن توقف افراز هرمون الاستروجين عدم حدوث الشيع ، وبعد حوالي ١٠ - ١٢ ساعة من نهاية الشيق يحدث التبييض Ovulation فى الابار نتيجة لفعل هرمون التبييض LH . ويؤدى هرمون التبييض لانقباض الألياف العضلية الموجودة بالمبيض والتي بالتضافر مع فعل الأنزيمات المحللة تحدث ضعفاً في جدر الحويصلة وبالتالي حدوث التبييض. والوظيفة الأخرى لهرمون التبييض LH هو مساعدة تحويل حويصلة جراف المفجرة الى جسم أصفر Corpus Luteum (CL) بواسطة تنبيه للخلايا المحيية للحويصلة .

ويقوم هرمون البرولاكتين Prolactin المفرز من النخامية الأمامية بتنبيه الجسم الأصفر للافراز البروجسترون الذى يعمل بالتالى على النخامية الأمامية مثبّطاً افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH وهرمون التبييض LH ومشجعا افراز البرولاكتين وهو الهرمون الذى يحفظ افراز البروجسترون من الجسم الأصفر . ويقوم البروجسترون بالافعال التالية :

١ - يتابع التغيرات الحادثة بالرحم بفعل الاستروجين والمؤدية لاعداده لانفراش البويضة المخصبة .

٢ - يحافظ على بقاء الجنين بالرحم ولذا فائلاف الجسم الأصفر مع بداية الحمل يؤدى للاجهاض .

٣ - يشجع نمو وتطور الغدة اللبنية خلال الحمل .

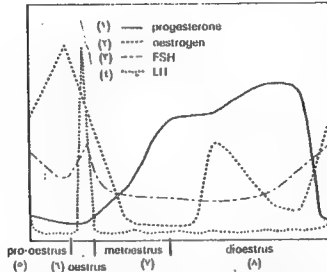
٤ - ضرورى لتكوين المشيمة ولذلك فنزع الجسم الأصفر بعد انفراش البويضة يؤدى لفشل تطور المشيمة وموت الجنين والاجهاض.

٥ - يقلل حساسية عضلات الرحم لهرمون الاكستوسين وبذلك تقل انقباضات الرحم خلال الحمل بما يسمح لنمو الجنين . وبنهاية الحمل يبدأ تراجع الجسم الأصفر وتحلل المشيمة ويقل افراز البروجسترون مما يعمل على ظهور فعل الاكستوسين وبدأ الولادة .

٦ - يوقف نمو حويصلات مبيضية جديدة ويثبط التبييض .

٧ - يشجع نشاط الغدد الرحمية بالاندومترم التي تفرز اللبن الرحمي اللازم لتغذية الجنين .

وإذا لم يحدث اخصاب يبدأ الجسم الأصفر فى الانحلال بعد ١٠ أيام وبالتالي يقف افراز البروجسترون وهو الأمر الذى معه تبدأ الغدة النخامية الأمامية فى افراز الهرمون منبه الحويصلات وهرمون التبويض وبالتالي تعاد الدورة التناسلية وظهور علامات الشياح بعد ٢١ يوم (شكل ١٢ - ٦) .



شكل ١٢ - ٦ : التغيرات الهرمونية خلال دورة شياح الماشية فى البقرة
يستغرق الشياح ٨ - ٢٤ ساعة وبفترة الشياح ١٨ - ٢٤ يوم . (عن هيث وأولسانيا) .

البروجسترون (٢) الاستروجين (٣) الهرمون المنبه للحويصلات (٤) هرمون التبويض (٥) قبل الشياح (٦) القنق (٧) بعد الشياح (٨) السكون الجنسي

وإذا حدث اخصاب للبويضة وانفرس الجنين تصبح الانثى حاملا ، وحينئذ تفزر المشيمة كمية كبيرة من الاستروجين الذى يعمل على تشجيع افراز البرولاكتين خاصة قرب نهاية الحمل . زيادة الاستروجين تحضر عضلات الرحم لفعل الاكستوسين المقطص للعضلات وبعد ذلك تبدأ فترة استرخاء نتيجة لفعل هرمون الريلاكسين Relaxin والتي تصل لعنق الرحم والمهبل وروابط الحوض . يلى ذلك انحلال الجسم الأصفر نتيجة لفعل هرمونات البروستاجلاندين . كذلك فان الانقباضات القوية الناجمة عن فعل الاكستوسين تبدأ الولادة عبر عنق الرحم والمهبل المسترخيين .

(ب) دور الهرمونات فى تناسل الذكور :

الهرمونات الذكرية (الأندروجينات) تشمل التستوستيرون Testosterone ومشتقاته وتفرزه خلايا ليديج Leydig cells أو الخلايا البينية للخصية Interstitial cells . وبعد تحرر

الهرمون من الخصية يظل بالدم في صورة تستميترون بروبونات مرتبطة ببروتين الدم لمدة تتراوح بين ١٥ - ٣٥ دقيقة . ويتحول بالكبد الى نواتج قليلة الفعالية هي الاندروستيرون Androsterone والداى هيدروابيانندروستيرون Dehydroepiandrosterone وهو الناتج الموجود بالبول . ويقوم الهرمون المنبه للحويصلات FSH بتنبيه الخلايا الطلائية الجرثومية لانتاج الحيوانات المنوية في حين أن الهرمون المنبه للخلايا البينية ICSH (هرمون التبييض LH) ينبه الخلايا البينية لانتاج الهرمون الذكري . ويعمل التستسترون على النخامية لتقليل افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH وكذلك من خلال الهيبوثلاماس لتنشيط افراز LH وبالتالي تخليق الاندروجينات ويتم ذلك من خلال هرمونات الهيبوثلاماس (GnRH) . ويقوم هرمون التستسترون بالوظائف التالية :

- ١ - تحور غدد الجنس الملحقة .
- ٢ - تطور صفات الجنس الثانوية .
- ٣ - زيادة تركيب وقوة وشدة الليفات العضلية وذلك عن طريق مساعدة تخليق البروتينات .
- ٤ - زيادة تخليق كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين ومركبات الدم الأخرى .

تكوين الجاميطات (خلايا التكاثر) Gametogenesis

تسمى سلسلة التحورات المؤدية لتكوين خلايا التكاثر أو الجاميطات الناضجة بعملية تكوين الجاميطات Gametogenesis . فعندما يصل الكائن الحي لمرحلة النضج الجنسي يصبح قادرا على تكوين خلايا جنسية ناضجة وتتم هذه العملية في الغدد الجنسية وهي المبيض في الانثى وتسمى العملية بتكوين البويضات Oogenesis في حين تتم في الذكر بالخصية وتسمى بتكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis (شكل ١٢ - ٧) .

(أ) تكوين البويضات Oogenesis

يغطي المبيض طبقة من النسيج الطلائي المكعب يعرف بالنسيج الجرثومي Germinal epithelium الذى تتطور خلاياه لتكوين البويضات ويتم ذلك عن طريق انقسام خلايا النسيج الطلائي الجرثومي انقساماً غير مباشر مكوناً خلايا امهات البيض Oogenesis التى تزداد في العدد بواسطة الانقسام غير المباشر حيث يحوى كل منها العدد الثانى من الكروموسومات . وبعد ان تكف امهات البيض عن الزيادة في العدد تكبر في الحجم

وتصبح خلايا بويضية أولية Primary oocytes . وبعد البلوغ تتطور احدها كل دورة تناسلية لتعطي بويضة فعالة . خلية البويضة الأولية تنقسم انقسام اختزالي وتعطي خليتين ، الخلية البويضية الثانوية Secondry oocyte التي تكون كبيرة وتستقبل غالبية الميتوبلازم والخلية الأخرى صغيرة وتسمى الجسم القطبي الأول First polar body . وتستقبل كل من هاتين الخليتين نصف عدد كروموسومات الخلية الأمية . وينقسم كلا النوعين انقساماً غير مباشراً ويتكون عن النوع الأول أم البويضة Ootid التي تتطور لبويضة تامة Ovum وجسم قطبي ثاني Second polar body كما يعطي النوع الثاني جسمين قطبيين . وتكون المحصلة تكوين بويضة واحدة وثلاثة اجسام قطبية غير فعالة وتتحطم .

تتميز البويضة وتهاجر لداخل المبيض وتحاط بطبقة واحدة من الخلايا الطلائية التي تغلف بتجوير خاص من خلايا نخاع المبيض مكونة نسيج ليفي ضام يعرف بالجدار المويصل Theca folliculi . ويطلق على هذا التكوين حويصلة أولية التي تمر بمرحلة نضج حتى تصل للحويصلة الناضجة على سطح المبيض حيث تنفجر عند التبويض (شكل ١٢ - ٥) .

(ب) تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

تتكون الخصية من قنوات منوية ملتفة يربطها نسيج ضام يحتوى على الخلايا البينية . تشمل جدران القنوات المنوية الخلايا المنوية التي تميزت مرتبة في صفوف بعمق ٥ - ٨ خلايا تحوى الصفوف الخارجية خلايا امهات المنى Spermatogonia التي تكبر في الحجم وتزاد في العدد بفعل عمليتي انقسام غير مباشر وتكون الخلايا المنوية الأولية Primary spermatocytes . وتنقسم هذه الخلايا انقسام مباشر (اختزالي) مكونة اثنين من الخلايا المنوية الثانوية Secondry spermatocytes التي تهاجر للدخل وتكبر في الحجم وتنقسم انقسام غير مباشر معطية خلايا امهات المنى Spermatids تحوى نصف عدد كروموسومات الخلايا الأساسية . وتتطور خلايا امهات المنى الى حيوانات منوية Spermatozoa ناضجة وذلك بفقد كمية كبيرة من الميتوبلازم وتكثف النواه بشكل رأس وتكوين ذيل سوطي . وتظهر الخلية مرتكزة على خلايا كبيرة من النسيج الأساسي للقنوات المنوية ولها وظيفة غذائية وتسمى خلايا مرتولي Sertoli cells . تسبح الحيوانات غير تامة النضج في تجويف القنوات المنوية حيث تمر الى الممرات الاخرية للبربخ في تركيز يصل الى ٣٥٠ ألف / مم^٣ حيث تخزن فيه لحين استعمالها .

ومما سبق يلاحظ ان كل خلية منوية ابتدائية تعطي اربعة حيوانات كل منها تحوى

عدد احدى من الكرموسومات . وتستغرق عملية تكوين الحيوانات المنوية نحو ٦ - ٧ أسابيع وهى عملية مستمرة ابتداء من البلوغ (٨ - ١٢ شهر فى الماشية) لنهاية الحياة .

ويختلف حجم السائل المنوى وتركيز الحيوانات المنوية به حسب نوع الحيوان (جدول ١٢ - ١) وحالته الفسيولوجية . ويلاحظ ان الحيوانات المجترة تفرز سائل منوى مركز تقذفه على سطح عنق الرحم والجزء الامامى من المهبل وتصل كمية بسيطة منه للرحم فى حين يقذف الحصان والخنثير كمية كبير من السائل المنوى المخفف نسبيا وتدخل من عنق الرحم للرحم ثم تتركز بمرعة بامتصاص معظم افرازات الغدد الجنسية المساعدة اثناء الشبق وهى الفترة التى يسمح فيها فقط بالجماع .

جدول ١٢ - ١ : حجم اللقطة وتركيز الحيوانات المنوية فى الحيوانات الزراعية

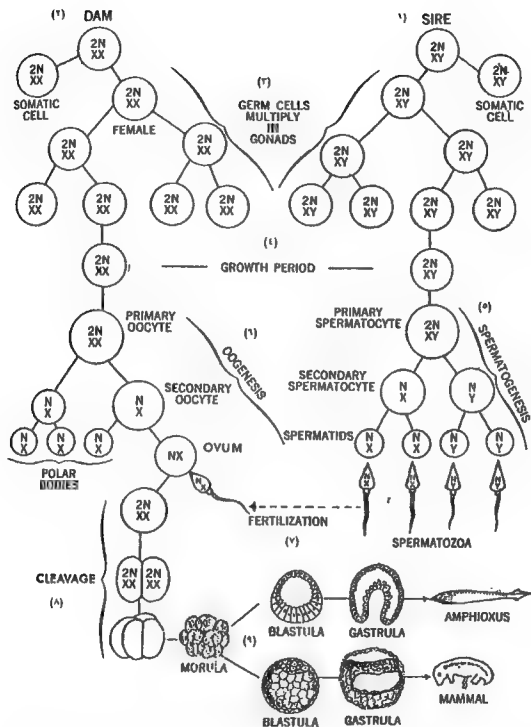
نوع الحيوان	حجم اللقطة (مل)	تركيز الحيوانات المنوية (مليون / مل)	الحيوانات المنوية الكلية المقنونة (مليار)
ثور بقرى	٢ - ٨	١٠٠٠	٤
فحل جاموس	١,٥ - ٨	١٠٠٠	٢
كباش	١,٣ - ١,٦	٢٠٠٠	٣
نيس	١,٣ - ١,٦	٢٠٠٠	٣
ديك	٠,٢ - ١	٣٥٠٠	٣
حمير	٢٠ - ٨٠	٤٥٠	٢٠
حصان	٥٠ - ٢٥٠	١٢٠	١٠
خنثير	١٥٠ - ٥٠٠	١٠٠	٢٥

الدورة التناسلية The sexual cycle

يصاحب البلوغ الجنسى Puberty فى الإناث سلسلة من التغيرات الفسيولوجية والسلوكية تأخذ نمط أو دورة خاصة واضحة المعالم والمظاهر تعرف بالدورة التناسلية أو دورة الشبق Estrus cycle . ويصاحب الدورة بعض التغيرات بالجهاز التناسلى التى تلزم لانتاج البويضات وزيادة الرغبة فى تقبل الذكر ونجاح عمليات الاخصاب والحمل .

ونقسم الحيوانات الثديية من حيث نظام دورة التناسل الى قسمين :

(أ) حيوانات وحيدة دورة الشبق Monoestrus animals وفيها يحدث الشبق وما يصاحبه



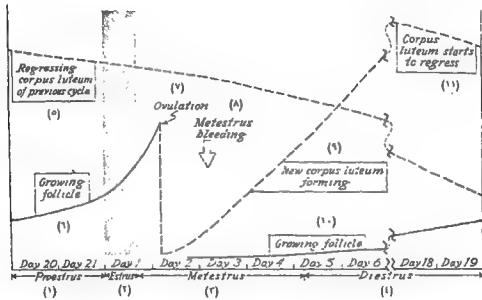
شكل ١٢ ٧ عملية تكوين خلايا التنكاث (الجاميطات) وذلك في الذكر (اليمين) والانثى (اليسار) ثم اتحاد البويضة بالحيوان المنوى لتكوين التزيجوت (عن باترجي)

(١) الذكر (٢) الانثى (٣) مصاعف الخلايا التناسلية بالبناد الجسميه (٤) حوره البند (٥) تكوير الحويصلات المنويه (٦) تكوير البويضات (٧) الاحصاف (٨) انقسام البويضه المنفصيه (٩) تكوير الجنين

من مظاهر مرتبطة بالتبويض مرة واحدة خلال موسم التناسل أو السنة مثل اناث الدببة والذئاب والثعالب والكلاب .

(ب) حيوانات عديدة دورات الشبق Polyestrus animals وفيها تحدث أكثر من دورة شبق خلال العام أو فصل التناسل وتشمل هذه الحيوانات الزراعية والقطط .

والفترة بين شبق وآخر تسمى دورة الشبق Estrus cycle ويختلف طولها باختلاف نوع الحيوان حيث تبلغ ٢٨ يوم في الجاموس ، ٢١ يوم في الأبقار ، ١٥ - ١٦ يوم في الأغنام والماعز و ٣٥ يوم في الفرس . وتنقسم دورة الشبق الى اربعة مراحل : ما قبل الشبق Proestrus الشبق Estrus ، ما بعد الشبق Metaestrus ومرحلة اللاشبق أو السكون Diestrus (شكل ١٢ - ٨) .



شكل ١٢ - ٨ : مراحل دورة الشبق في الأبقار . (عن حافظ)

(١) ما قبل الشبق (٢) الشبق (٣) ما بعد الشبق (٤) السكون الجنسي (٥) انشطار الجسم الأصفر (٦) نمو الحوصلة (٧) التبويض (٨) زيف ما بعد الشبق (٩) نمو جسم أصفر جديد (١٠) حوصلة نامية (١١) بدأ انشطار الجسم الأصفر

١ - مرحلة ما قبل الشبق Proestrus : وهي أول مراحل دورة الشبق وتستغرق نحو يومين يتم فيهم اكتمال نمو وتطور البويضات بالمبيض تحت تأثير هرمونات النخامية المنبهة للغدد الجنسية الأمر الذي يترتب عليه ارتفاع تركيز هرمون الاستروجين . وتحدث تغيرات بقناة المبيض حيث يزداد حجم وطول الخلايا المبطنة ويزداد عدد وطول اهدابها مما يساعد في نقل البويضة للرحم . ويزداد سمك الخلايا المبطنة للمهبل وتتقرن لتحميه من أى اضرار قد تحدث عند

الجماع . وبنهاية المرحلة تتضخم فتحة الحيا نتيجة لتوارد الدم اليها كما يزيد انجذاب الأنثى للذكر .

٢ - مرحلة الشبق Estrus : وتعرف بمرحلة الرغبة الجنسية حيث يكون النشاط الاستروجيني في اقصاه وتصل البويضة لتمام تكوينها فتظهر حويصلة جراف بارزة على سطح المبيض ممثلة بالسائل الحويصلي ويزداد احتقان الغشاء المخاطي المبطن للجهاز التناسلي ويزداد سمكه وافرأته المخاطية التي تظهر خارج فتحة المهبل الذي تتضخم شفراته . وتتميز هذه الفترة بتغير سلوك الأنثى فتعتلى زميلاتها ، وتصبح قلقة كثيرة الحركة ويصدر عنها اصوات مميزة ، وتقل شهيتها ويقل اندرار اللبن وتقبل الذكر اذا وثب عليها . ويصل طول هذه الفترة ١٢ - ٢٤ ساعة في الإبقار ، ١ - ٢ يوم في الأغنام ، ٤ - ٥ يوم في الأفراس و ٢ - ٣ أيام في الخنازير . ويحدث التبويض في وسط هذه المرحلة كما في الأفراس أو قرب نهايتها كما في الأغنام أو بعد انتهائها كما في الإبقار .

٣ - مرحلة ما بعد الشبق Metaestrus : تبدأ بعد انتهاء مرحلة الشبق وتستغرق نحو ٣ أيام حيث تتوقف مظاهر الشياح وقبول الذكر وغالبا ما يتم خلالها التبويض في الإبقار . ويبدأ تكوين الجسم الأصفر وبالتالي يرتفع تركيز هرمون البروجستيرون ويقل الاستروجين . كما تبدأ خلالها أول مراحل التصاق الجنين بجدار الرحم وظهور الغدد الرحمية ويسمك افراز عنق الرحم الذي يضيق مجراه ويقل خروج السوائل منه .

٤ - مرحلة السكون الجنيني Diestrus : وهي اطول مراحل دورة الشبق (١٥ يوم) وفيها يتم اكتمال بناء الجسم الأصفر وظهور تأثيره على الرحم الذي تتطور عضلاته ويصبح جداره الداخلي أكثر سمكا ويزداد حجم الغدد الرحمية التي تفرز اللبن الرحمي اللازم لتغذية الجنين في بداية عمره . واذا حدث حمل تستمر هذه المرحلة ويظل الجسم الأصفر نشطا طول مدة الحمل اما اذا لم يحدث اخصاب وحمل يضمحل ويتلاش الجسم الأصفر وبالتالي يبدأ المبيض في تكوين حويصلة مبيضية جديدة وتكرر دورة الشياح .

اما في الحيوانات موسمية التناسل فاذا كانت دورة الشبق هي آخر دورة في الموسم فان مرحلة السكون الجنيني تمتد لبداية الموسم التالي ويطلق عليها في تلك الحالة مرحلة انقطاع الشياح Anestrus .

التبويض Ovulation

التبويض هو خروج البويضة من حويصلة جراف ونزولها لقناة البيض ويحدث هذا تلقائياً spontaneous فى معظم الحيوانات الاليفة نتيجة لوجود توازن بين هرمونات الغدة النخامية الأمامية (FSH & LH) . وفى حيوانات أخرى كالقطعة والارنبه يحدث التبويض المستحث Induced نتيجة لمؤثر خارجى هو التلقيح .

ويتم التبويض عادة قرب نهاية فترة الشياح مع وجود اختلافات بين أنواع الحيوانات (جدول ١٢ - ٢) . فى الأبقار يحدث التبويض بعد ١٢ - ١٥ ساعة من فترة الشياح التى طولها ١٨ ساعة وفى الأغنام والماعز يتم التبويض قبل نهاية الشبق بعدة ساعات والذى عادة ما يستغرق ٢٤-٤٠ ساعة . وفى الخنازير يحدث التبويض بعد حوالى ٣٦ ساعة من بدأ فترة الشياح التى تستغرق ٤٠ - ٦٠ ساعة . وفى معظم الثدييات يحدث التبويض بعد الانقسام النضوجى فى حين أن الكلاب وربما الافراس يحدث فيها التبويض والبويضة فى مرحلة البويضة الأولية Primary oocyte ويتم نضجها بقناة فالوب .

الحويصلات الناضجة تتكون جدرها من ثلاث طبقات . الطبقة الخارجية تنفصل خلال التغيرات السابقة للتبويض فى حين ان الطبقة الداخلية تنتشى للخارج مكونة حلقة تندفع فيها البويضة وما يتصل بها من خلايا . ثم يحدث انفصام بين خلايا جدار الحوصلة المواجهة للبويضة ويندفع فيه المسائل الحوصلية ساحبا البويضة وما يتصل بها من خلايا لخارج الحوصلة والمبيض .

وتتم عملية التبويض بفعل هرمون التبويض LH المفرز من النخامية تحت تأثير هرمون تحت المهاد المحرر (GnRH) ويقوم هرمون التبويض بتشجيع الـ DNA على تخليق m-RNA خاص . وهذا بالتالى يشجع تخليق انزيم كولاجيناز Collagenase يسبب هدم الكولاجين الموجود فى تركيب جدار الحوصلة مما ينجم عنه عملية الاضمحلال الحادثة عند التبويض . ولقد لوحظ ان معاملة العجلات عند بداية الشياح بالاكسيتوسين تسرع من وقت التبويض وهو ما يشير الى أن هرمون الاكسيتوسين قد يكون احد العوامل الهيپوثلامية المحررة لجوناد وتروبيينات النخامية (LH) .

وفى الحيوانات المستأنسة تبقى البويضة حية وصالحة للاخصاب نحو ١٢ - ٢٤ ساعة بعد التبويض . البويضات الهرمة قد تظهر قدرة على الاخصاب الطبيعى ولكن يحدث منها نسبة عالية من موت الأجنة . ونقل نسبة الخصوبة فى البويضات مع مرور الوقت تم تتعدهم تماماً .

جدول ١٢ - ٢ : الدورة الانتخابية للمؤسسات الأديبية

النوع	عصر البدايع	طبيعة الدورة الانتخابية	طول مدة اللجان	وقت التبريز	فترة العي شخصية	طول مدة العمل	عصر الجوائز
- الإيقار	٢ - ٢,٥ سنة	مفرد الدوريات وتكرر كل ٢١ يوم	٨ - ٢٤ ساعة	١٤٣ ساعة بعد نهاية اللجان	آخر ٨ ساعات من اللجان	٢٨٥	٢٠ ساعة
- الجاوس	٢ - ٢,٥ سنة	مفرد الدوريات تكرر كل ٢٨ يوم	٨ ساعات - ٣ يوم	١٠ - ٥ ساعة بعد نهاية اللجان	آخر ٨ ساعات من اللجان	٣١٦ - ٣٠٧	أقل من ٢٤ ساعة
- اللجان	٦ - ١٢ شهر	مختلفة - وتكرر الدورة كل ١٥ يوم	٣٦ ساعة	قرب نهاية اللجان	الصفحة الثاني من اللجان	١٥٠	٢٢ - ٤٢ ساعة
- الشاعر	٤ - ٨ شهر	مفردة الدوريات وتكرر كل ١٥ - ١٨ يوم	١ - ٢ يوم	قرب نهاية اللجان	--	١٥٠	
- النجل	٢ سنة	موسمية - مفردة اللجان كل ٢١ يوم	٣ - ٤٠ يوم	٢٤ ساعة قبل نهاية اللجان	اليوم قبل الأخير من اللجان	٣٣٦ - ٢٤٠	٢ - ٣ يوم
- الهمدال	٣ - ٤ سنة	مفرد اللجان ومفرد كل ٢٠ - ٢٥ يوم	١ - ٧ يوم	--	--	٣٩٥ - ٤٠١	
- الكثير	٥ أشهر	مفرد	٢ - ٣ يوم	٣٦ ساعة بعد حدوث اللجان وتستمر حتى ١٢ ساعة	١٢ ساعة، ٣٦١ ساعة بعد حدوث اللجان	١٢٠	٢٤ ساعة
- الكلية	٩ - ١٢ شهر	وحيدة	٨ يوم	١ - ٣ يوم بعد حدوث اللجان	الثلاث أيام الأولى قبل اللجان	١٥ - ٦٥ يوم	٤ أيام

تحدث عملية التبويض دورياً في الحيوانات فقد تتم مرة واحدة في العام في بعض الحيوانات أو مرة كل شهر كما في الإنسان وبعض أنواع الماشية . عدد البويضات الناتجة من المبيض كل مرة تتراوح بين واحدة كما في الإنسان ، الماشية والدواجن الى عدة آلاف كما في الضفادع وربما عدة ملايين كما في الأسماك . وفي الأبقار يتكرر التبويض من المبيض الأيمن أكثر من الأيسر (٢٠,٢ %) ويعتقد بأن هذا يرجع لقرب الكرش من المبيض الأيسر مما يسبب ضغطاً يمنع توارد الدم للمبيض الأيسر . ويمكن توقيت الشياخ والتبويض Synchronization of ovulation في حيوانات المزرعة بعدة طرق أهمها المعاملة بالبروجستيرون بطوال مدة دورة الشياخ ابتداء من الأيام الأربعة الأولى للدورة . وبعد انتهاء المعاملة فإن معظم الحيوانات تشيع خلال ٢ - ٥ أيام . وفي الأغنام يمكن إعطاء البروجستيرون عن طريق زرع تحت الجلد أو عن طريق أسفنج مهبلية لمدة ١٢ - ١٤ يوم وأكثر من ذلك قليلاً في الماعز . الطريقة الأخرى لتنظيم الشياخ تعتمد على استخدام مادة محللة للجسم الأصفر مثل البروستاجلاندينات . حيث تعطى حقتين في أى مرحلة من الدورة يكون بينهما ١١ - ١٢ يوم في الماشية وفي الأغنام يكون بين المعاملتين ٨ أيام . ويمكن الجمع بين الطريقتين حيث تعامل الأبقار لمدة ٩ - ١٢ يوم بالبروجستيرون ثم تعامل بالبروستاجلاندين (جدول ١٢ - ٣) .

الاخصاب Fertilization

الاخصاب هو انماج Syngamy الحيوان المنوى مع البويضة وتكوين الذيجوت Zygote والحيوان المنوى عليه ان يعبر القنوات التناسلية الذكرية والأنثوية حتى يتحد مع البويضة الموجودة بمنطقة الأمبولا بقناة البيض . وفي معظم الثدييات يبدأ الاخصاب بعد طرد الجسم القطبي الأول ويخترق الحيوان المنوى البويضة اثناء حدوث الانقسام الاختزالي الثاني بها . ويمكن تقسيم الاخصاب الى :

(أ) مقابلة الحيوان المنوى بالبويضة : وصول الحيوان المنوى لمكان الاخصاب قبل البويضة يوحي بأن الحيوان المنوى يتعرض لفترة ٤ - ٦ ساعات في الاقار و ١,٥ ساعة في الأغنام لافرازات المهبل والرحم قبل خرق الأغشية المحيطة بالبويضة وهذه العملية تسمى مرحلة التهيؤ للاخصاب Capacitation . ورغم ان عدد الحيوانات المنوية بالقذفة يقدر بمئات أو آلاف الملايين (جدول ١٢ - ١) فإن عدد الحيوانات الذي يصل للأمبولا قليل ولا يزيد عن ألف . ويبدو ان مقابلة اى حيوان منوى بالبويضة لا يتم اعتباطياً ، فحيوان منوى من نوع معين قد يكون أكثر قابلية للمساهمة عن نوع آخر . وفي حالات أخرى فإن الظاهرة تعتمد على

جدول ١٢ - ٣ : طرق تنظيم الشبايع في حيوانات المزرعة

النوع	المعاملات	موعد ظهور الشبايع
الماشية - حقن ٢٠ - ٣٠ مجم بروتاجلاندين $F_{2\alpha}$ ٢ - ٤ أيام بعد المعاملة بالعضلات في أى يوم خلال الفترة من ٥ - ٦ يوم من دورة الشبايع .		
- وضع ٥ مجم بروتاجلاندين $F_{2\alpha}$ بداخل الرحم ٣ - ٣ أيام بعد المعاملة في أى يوم خلال الفترة من ٥ - ١٦ يوم من دورة الشبايع .		
- حقن ٣٠ مجم بروتاجلاندين $F_{2\alpha}$ بالعضلات مرتين بينهما فترة ١٠ أيام بغض النظر عن مرحلة دورة الشبايع .		٢ - ٤ أيام بعد الحقن الثاني
- غرس ٦ مجم بروجستين (SC2 1009) تحت الجلد متزامنا مع حقن ٣ مجم من نفس المركب + ٥ مجم استراديول بالعضلات . ويزال الفرس بعد ٩ - ١٤ يوم .		٢٤ - ٥٢ ساعة بعد إزالة البروجستين
- يحقن بالعضلات ١٢,٥ مجم بروجسترون زائب بالزيت يوميا لمدة ١٦ يوم .		١ - ٣ أيام بعد آخر حقن
- يحقن بالعضلات ١٠ - ١٥ مجم بروتاجلاندين $F_{2\alpha}$ في أى يوم خلال الفترة من ٥ - ١٤ يوم بعد دورة الشبايع .		١ - ٣ أيام بعد الحقن
- وضع اسفنجة مهبلية تحوى ٢٠ مجم خلطات فلپروجستون بالمهبل لمدة ١٦ - ٢٠ يوم ثم يحقن بالعضلات ٥٠٠ وحدة دولية PMSG + ٥٠٠ وحدة دولية hCG عند وقت نزع الاسفنجة .		١ - ٢ يوم بعد إزالة الاسفنجة

الصدفة أى أن أى حيوان منوى يخصب أى بويضة . ويبدو ان خلايا غشاء الخلية Cumulus cells تسهل الاتصال بالحيوان المنوى .

(ب) دخول الحيوان المنوى للبويضة : ليصل الحيوان المنوى للبويضة عليه ان يخترق الأغشية المحيطة بالبويضة وهى : الزكام المحيط بالبويضة Cumulus mass ، المنطقة شبه النفاذة Zona pellucida والغشاء المحي (الفتلين) Vitelline membrane (٩ - ١٢) . الزكام المحيط بالبويضة يتكون من عدد كبير من الخلايا

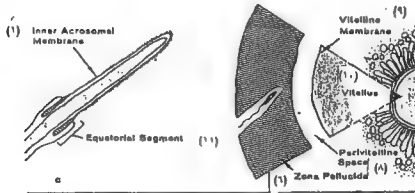
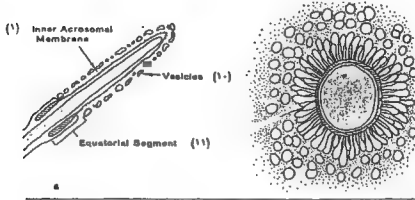
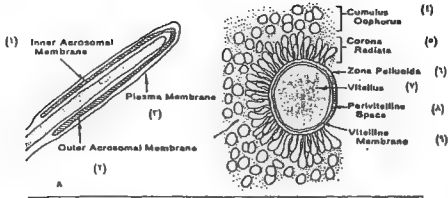
الحويصلية مفروسة في مادة أساسية تتكون من معقد البروتين وحمض الهيالويورنيك Hyaluronic acid . ويحمل الحيوان المنوى في غطاءه الأمامي (الاكروسوم Acrosome) انزيم الهيالويورنيداز Hyaluronidase الذى يحلل المعقد المكون للركام المحيط بالبويضة وبذلك يكون الحيوان المنوى مجرى يصل به الى المنطقة شبه النفاذة التى تقف عائق امام دخول الحيوان المنوى . ويعتقد بأن البويضة تفرز مادة فرتيليزين Fertilizin تتفاعل مع الحيوان المنوى وتلصقه معها . كما أن الحيوان المنوى يحوى انزيم الزونا لايسين Zona lysin يعمل على الغشاء شبه المنفذ بما يسمح للحيوان المنوى ان يجد طريقة حتى يصل للغشاء الفلتنى . واخر مرحلة فى اختراق الحيوان المنوى تكون اتصال رأس الحيوان المنوى لسطح مادة المح (شكل ١٢ - ٩) . وتستغرق عملية الاختراق نحو نصف ساعة وتشمل فترة تنشيط البويضة من حالة الكمون واختراق الحيوان المنوى للأغشية البويضة حتى المح .

(ج) تكوين مكونات النواه : يكون من نتيجة دخول الحيوان المنوى للبويضة تنشيطها وحدوث انكماش حجم المح (الفتلين) ودفع سائل فى الحيز الناجم عن الانكماش وفى نفس الوقت ينتفخ رأس الحيوان المنوى الموجود بالمح ويفقد شكله المميز . ويحدث التحام بين الغشاء البلازمى المحدد للخليتين وتمر مكونات الحيوان المنوى من نواه ، ميتوكوندريا وليفات الزيل وغلافة الى سيتوبلازم البويضة فى غشاء بلازمى واحد .

الجسم القطبى الثانى يطرد من البويضة عقب دخول الحيوان المنوى للبويضة مباشرة ويبدأ تكوين النواه التناسلية . ومكونات النواتين يزيدا تدريجيا فى الحجم (٢٠ ضعف) ويزيد التصاقهم وفجأة يحدث نقص حجم مكونات النواتين ويضمحلا تاركين مجموعتين من الكروموسومات يتحركان مع بعضهما مكونين مجموعة واحدة تمثل المرحلة الأولى للانقسام التكاثرى الأول . المرحلة حتى اتحاد مجموعتى الكروموسومات تسمى بالانتماج Syngamy وتعنى ان الاخصاب اكتمل .

(د) تفاعل المنطقة شبه النفاذة وانسداد المح : رغم أن البويضة تشاهد وهى محاطة خارج المنطقة شبه النفاذة بعدة حيوانات منوية ، فان حيوانا واحدا فقط يخترقها . وهذا يرجع للتغيرات الحادثة بالمنطقة شبه النفاذة Zona reaction عقب مرور أول حيوان منوى خلالها وهذا يمنع مرور أى حيوان آخر .

الطريقة الأخرى التى تفترض مرور حيوان منوى آخر تلاحظ فى المح ذاته لحظة اتصال الحيوان المنوى بغشاء المح . حيث يحدث تفاعل فى هذا الغشاء يجعله لا



شكل ١٧ - ٩ : خطوات اختراق الحيوان المنوى للبويضة . A - بوضع حالة الحيوان المنوى والبويضة قبل الانتماج .
 B - تفاعل الكروموسوم الحيوان المنوى عند اختراق التركام المحيط بالبويضة .
 C - حالة الحيوان المنوى المخترق للمنطقة شبه الغلاظة المحيطة بالبويضة .
 (عن مكلونالد وبينيذا)

(١) الغشاء البلازمي للكروموسوم (٢) الغشاء الخارجى للكروموسوم (٣) الغشاء البلازمى (٤) ركاب البويضة (٥) قبايح الشماعى (٦) المنطقة شبه الغلاظة (٧) المح (٨) الحيز قبل المحى (٩) الغشاء المحى (١٠) حوصلة (١١) القلمة المسدودة

يستجيب لحيوانات منوية أخرى وهو ما يسمى بانسداد المح Vitelline block .

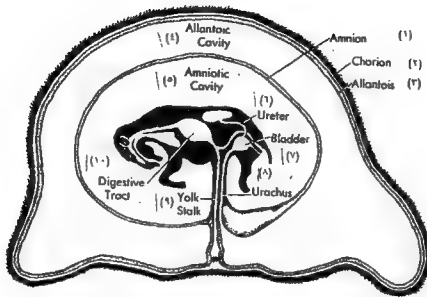
انغراس الجنين والأغشية الجنينية : Implantation of fetus and fetal membranes

انغراس الجنين يعنى انطواء الجنين النامى فى احد جوانب جدار الرحم . وفى الأبقار يتم هذا بعد نحو ١١ - ٤٠ يوم من التلقيح . فبعد الاخصاب ينزل الزيجوت خلال قناة البيض وتحدث انقسامات خلوية تكتمل بقناة البيض ويكون الجنين الصغير مكونا من ٨ - ١٦ خلية وتسمى بمرحلة البلاستوسيت Blastocyst stage ويرحل الى الرحم بحثاً عن اتصال دائم خلال ٤ أيام . وخلال الأيام الأولى لوصول الجنين للرحم يعتمد كلية على إفرازات الرحم (اللين الرحمى) كمصدر للطاقة .

بعد عدد من الانقسامات يصبح الجنين عبارة عن كتلة مجوفة من الخلايا سمكها عدة طبقات. هذا النسيج وحيد الطبقة الخارجية Ectoderm وهو مصدر الجلد . وبعد فترة فإن جانباً من هذه الكتلة يدفع للداخل مكوناً تركيباً مذوج الجدار يشبه الكوب تاركاً الاكتودرم على السطح الخارجى ، السطح الداخلى لهذا التركيب يسمى الاندودرم Endoderm وهو مصدر القناة الهضمية . وتتكاثر الخلايا بين الاكتودرم والانودرم مكونة طبقة جرثومية ثالثة هي الميزودرم Mesoderm وهى مصدر العضلات . ومن هذه الطبقات الجرثومية الثلاث لا ينشأ فقط انسجة الجنين المختلفة ولكن كذلك الأغشية المحيطة بالجنين والتي تحميه وتغذيه والتي تعرف بأغشية الجنين الخارجية Extra embryonic membrane وهى الامنيون والالنتوس والكوريون (شكل ١٢ - ١٠) .

غشاء الامنيون Amnion : ينشأ من نمو احد جوانب الجنين لأعلى والجوانب محيطاً بالجنين ودافعا اياه على القمة . وهو يلاصق الجنين ويضمه بحوصلة مزوجة الجدار تسمى Water sac ويحتوى على سائل مائى يسمى السائل الامينوتى يعلق فيه الجنين وهو سائل شفاف وظيفته وقاية الجنين من المؤثرات الخارجية وضغط الأعضاء المحيطة ومنعه من الاحتكاك مع الاسطح التي تحيطه . وعند الولادة يعمل الامنيون على تمدد عنق الرحم وهو عند هذا الوقت يتقطع مما يسمح بهروب الماء وانزلاق الجنين .

غشاء الالنتويس Allantois : غشاء شفاف رقيق يوجد بين الامنيون والكوريون ويلاصق الكوريون ويغذيه بالأوعية الدموية . وعند الحبل السرى Umbilical cord ينتنى ليمتد على السطح الخارجى للامنيون فيتكون بين طبقتى الالنتويس فراغ يملأه سائل يشبه فى تركيبه السائل الامينوتى . ويصل بين تجويف الالنتويس ومثانة الجنين قناة اليوراكس Urachus التي تخدق القسم الامينوتى للحبل السرى . ويعمل الالنتويس كجهاز بولى للجنين وكذلك يجمع بعض الفضلات الصلبة .



شكل ١٢ - ١٠ : الأغشية الجنينية بمشيمة الأفراس (عن فرانكسون)

(١) الأمنيون (٢) الكوريون (٣) اللانتويس (٤) القنبريف الأمنيوسي- (٥) القنبريف الأميوني (٦) الحالب (٧) المثانة (٨) البوليس (٩) منق المسح (١٠) القناة الهضمية

الكوريون Chorion : هو ثالث الأغشية الجنينية والخارجي منها ويحيط كلية بالجنين ومن خلاله تتم عمليات الانتشار والاسموزية وتبادل الغازات والمواد الغذائية بين الأوعية الدموية لدورة الجنين وتيار دم الأم . وينمى اللانتويس مع الكوريون لتكوين مشيمة الجنين .

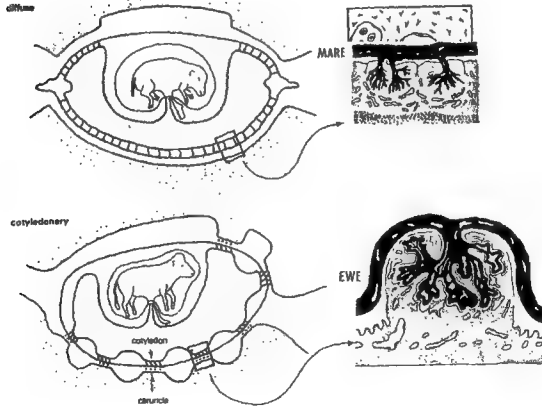
الكوريون يتحد جيداً مع الغشاء المخاطي المبطن للرحم بواسطة خملات صغيرة أصبعية الشكل تسمى الخملات الكريونية Chorionic villi وهي تنمو من جدار الكوريون متجهة نحو جدار الرحم حيث تدخل بين ثنايا هذا الجدار وتلتحم معها وبذا يتكون اتصال دقيق بين أنسجة الجنين وأنسجة الأم وتعرف مجموعة هذه الأنسجة المتصلة بالمشيمة Placenta . وهي بذلك تتكون من جزئين واضحين هما المشيمة الجنينية Fetal placenta والمشيمة الأموية Maternal placenta . ويصبح كل منهما غنيا بالأوعية الدموية مما يسهل تبادل المواد بينهما ولكن لا يختلط دم الجنين بدم الأم إطلاقاً إذ تفصلهما خلايا الكوريون . ويحدث تبادل المواد بينهما بواسطة الانتشار حيث يمر الأكسجين والمواد الغذائية من الشعيرات الدموية لأنسجة الرحم للشعيرات الدموية للأنسجة الجنينية كما يمر ثاني أكسيد الكربون والبولينا من دم الجنين لدم الأم .

وقد تكون الخملات الكريونية موزعة توزيعاً متساوياً على جميع سطح الكوريون أو تكون مركزة في أماكن خاصة وعليه تنقسم المشيمة تبعاً لهذا التركيز إلى الأنواع التالية :

١ - المشيمة المنتشرة Diffuse placenta وفيها توجد الخملات منتشرة على سطح الكريون مكونة ما يشبه الأصابع التي تنفخ في تجويف مقابل لها بالرحم (شكل ١٢ - ١١) وهذا النوع يوجد في الخنازير والخيول والجمال .

٢ - المشيمة الطبقية Cotyledonary placenta حيث توجد الخملات متجمعة في مجموعات صغيرة تعرف بالفلفلات عددها نحو ١٠٠ ويفصلها مساحات من الكريون للناعم (شكل ١٢ - ١١) . وتوجد مثل هذه المشيمة في الأبقار والأغنام والماعز .

٣ - المشيمة المنطقية Zonary placenta وتوجد الخملات في شريط أو منطقة تحيط بالكريون وتوجد مثل هذه المشيمة في آكلات اللحوم .



شكل ١٢ - ١١ : نوعي المشيمة الموجودين في الحيوانات الزراعية : من أعلى مشيمة الأفراس ومن أسفل مشيمة النماذج . (عن هيث وأولستيدلوحاظ)
(المنطقة الموداء - غشاء اللانوكريون المحيط بالجنين ، المنطقة المنقطعة - أتمجة رحم الأم)

٤ - المشيمة القرصية Discoidal placenta وفيها تتجمع الخملات في قرص واحد كبير دائري وتوجد هذه المشيمة في الثدييات العليا .

٥ - المشيمة الفجائية Spheroidal placenta وفيها تتجمع الخملات بقرص فيجائي وتوجد في الفأر والأرانب .

مرحلة الجنين الذي في عمر ١٣ - ٤٥ يوم تتميز بأنها فترة التشكل الأولى لمعظم أعضاء وأجزاء الجسم خاصة القناة الهضمية ، الرئتين ، الكبد والبنكرياس والقلب والجهاز الدوري ويدق القلب عند عمر ٢١ - ٢٢ يوم . كما ثبت بدأ تكوين الجهاز العصبي والعضلي والهيكلى والبولى التناسلى .

ويتغير وزن الجنين وطوله خلال فترة الحمل حيث يزيدا تدريجياً خصوصاً في الثلث الأخير من الحمل . والجدول التالي يوضح تغير وزن وطول جنين ماشية اللحم (البشورتهورن) خلال فترة الحمل (جدول ١٢ - ٤) .

جدول ١٢ - ٤ : تغير وزن وطول جنين الماشية خلال فترة الحمل

العمر (شهر)	الوزن (كجم)	الطول (سم)	العمر (شهر)	الوزن (كجم)	الطول (سم)
١	٠.٠٩	٨	٦	٢.٧٢٤	٥٢
٢	٠.٠٩	٦	٧	١٠.٤٤٢	٧٠
٣	٠.٩	١٥	٨	١٦.٨٠٠	٨٠
٤	٧٢	٢٨	٩.٥	٣٤.٠٠٠	٩٠
٥	٨١٦	٤٠			

الفترة التي تمضي بين إخصاب البويضة حتى الولادة تسمى مدة الحمل ، وهي تختلف بين أنواع الحيوانات (جدول ١٢ - ٢) كما أنها تختلف بين أفراد النوع الواحد تبعاً للظروف الفسيولوجية والبيئية المحيطة .

تشخيص الحمل Pregnancy diagnosis

تشخيص الحمل هو معرفة وتحديد الحيوانات الحامل وغير الحامل حتى يمكن تقليل الفقد في الوقت وتكاليف التربية نتيجة عدم الحمل والعمل على علاج حالات العقم أو

استبعاد الحيوانات التي يتكرر عدم حملها . كما أن تشخيص الحمل مهم لتقييم الحيوانات عند البيع أو التأمين أو عند استخدام برامج تربية وتحسين الحيوانات . وهناك عدة طرق اكلينيكية ومعملية لتشخيص الحمل واختيار ايها يعتمد على نوع الحيوان ، مرحلة الحمل ، التكاليف ودقة ومرونة التشخيص .

(أ) الطرق العيادية (الاكلينيكية) Clinical methods

وهذه الطرق تشمل الفحص الشرجى (الجس) ، الفحص بالأشعة واستعمال الموجات فوق الصوتية .

١ - الفحص الشرجى (الجس) Rectal palpation : ويتم بالداخل الزراع فى الشرج ويفحص الرحم يدويا لكشف اى اتساع رحمى والذي يحدث عند الحمل وكذلك فحص الجنين والأغشية الجنينية . وهذه الطريقة دقيقة ويمكن اجرائها عند مرحلة مبكرة من الحمل ومعرفة النتيجة مباشرة . وتصلح للماشية والأفراس ولا تصلح للنعاج والخنازير .

٢ - التصوير بالأشعة Radiography : وتعتمد على اظهار الهيكل العظمى للجنين على فلم لأشعة اكس . وتصلح هذه الطريقة مع الأغنام والخنازير . ومن عيوبها عدم امكانية استخدامها الا فى الثلث الأخير من الحمل ومكلفة وتحتاج لاحتياطات عند اجرائها .

٣ - الفحص بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic : وتعتمد على ارتداد الموجات الصوتية عند اصطدامها بجسم متحرك مع قليل من التغير فى ترددها . والجهاز يتكون من مكبر للصوت Amplifier ومجس Transducer يخرج منه قضيب الى بطن الحيوان أو يدخل من الشرج بغرض معرفة حركة الجنين ، اصوات قلب الجنين ، ونبضات أوعية الحبل السرى . وهذه الطريقة تنفرد بقدرتها على معرفة الجنين الحى . وتصل دقتها فى الحيوانات الكبيرة الى ٩٥٪ عند اليوم ٣٠ - ٩٠ من الحمل . كما أنها دقيقة لتشخيص حمل النعاج والخنازير بعد ٣٠ يوم من الحمل .

(ب) الطرق المعملية Laboratory method

وتشمل ثلاث طرق اساسية هى العينات المهبلية ، والاختبارات الكيماوية والتقديرات الهرمونية .

١ - العينات المهبلية Vaginal biopsy : وتعتمد على أخذ عينة من مهبل الأنثى وصيغته وفحصه ميكروسكوبياً . ويعتمد الاختبار على قلة عدد طبقات الخلايا في طلائية المهبل من حوالى ١٢ فى حالة عدم الحمل الى ٥ فى حالة الحمل . كما أن شكل الخلايا يكون مكعب فى حالة الحمل . وهذا الاختبار كفاءته ٩٥٪ بعد اليوم ٤٠ من حمل النعاج واليوم ٢١ من حمل الخنازير . وهذه الطريقة تستغرق وقت طويل ومكلفة ولهذا فاستعمالها محدود .

٢ - الاختبارات الكيماوية Chemical tests : وهى عديدة مثل اختبار وجود جاما جلوبولين بسيرم الأبقار الحامل وترسيبه يستعمل كتليل على الحمل وتبلغ نسبة نجاح تشخيص الحمل فى مراحله المختلفة نحو ٧٦٪ عند حمل ١٠ أيام ، ٩٣٪ عند حمل ٩٠ يوم ، ٩٨٪ عند حمل ١٢٠ يوم .

ومن الطرق ايضا اختبار كلوريد الباريوم الذى يتم باضافة ٤ - ٥ نقط كلوريد باريوم لنفس الحجم من البول وحدث تعكير للمخلوط يدل على الحمل فى حين لا يحدث تعكير للحيوانات غير الحامل . ولقد امكن اكتشاف نحو ٧٥٪ من الأبقار الحامل فى مرحلة مبكرة بهذه الطريقة .

ومن طرق التشخيص أيضا طريقة دليل الأكسدة والاختزال حيث يضاف ٦ مل من دليل بنزوات الصوديوم الى ٣ مل من بول البقرة ويترك المخلوط لمدة ٣ دقائق حيث يتكون لون اخضر يضمحل لونه فى حالة عدم الحمل خلال ٣٠ ثانية فى حين يبقى اللون حتى بعد مرور ١٠ دقائق فى حالة الحمل . وتبلغ نسبة نجاح التشخيص بهذا الاختبار نحو ٩١٪ .

٣ - التقدير الهرمونى Hormonal assay : حيث امكن باستخدام الطرق البيولوجية والكيماوية والمناعية الاشعاعية تقدير هرمونات الجوندوتروبينات والبروجسترون والامستروجين ومعرفة ان كان الحيوان حامل أم لا وذلك بدقة تزيد عن ٩٠٪ مقارنة بالطرق الاكلنيكية .

ولقد امكن تقدير الجوندوتروبينات وخاصة هرمون سيرم الافراس الحامل MSG فى دم الافراس بعد ٤٠ يوم من الحمل حيث يصل لأعلى مستوى له بين الأيام ٥٠ - ١٢٠ يوم . يقدر الهرمون بالطرق البيولوجية أو المناعية حيث تحقن اناث الفئران غير البالغة بسيرم الافراس وتقتل بعد ٧٢ ساعة ووجود بقع نزفية بالمبيض أو حدوث أوديما بالرحم يدل على الحمل . والطرق المناعية Immunoassay تعتمد على أن تواجد الـ MSG بالدم تمنع تراكم أو تجمع خلايا الدم

الحمراء للغنم بواسطة وجود مضاد Anti-PMSG وهذه الطريقة تكون دقيقة في تشخيص الحمل عند اليوم ٥٠ - ١٠٠ .

تقدير مستوى البروجستيرون بسوائل الجسم المختلفة يعتبر من أهم وسائل تقدير الحمل حيث أن الحيوانات الحامل يرتفع فيها تركيز الهرمون بسبب وجود الجسم الأصفر في حين أن الحيوانات غير الحامل يضمحل بها وبالتالي ينخفض مستوى الهرمون بالدم أو اللين أو اللعاب . ويمكن تقدير البروجستيرون بالطرق المناعية الاشعاعية أو المناعية الانزيمية . ولقد امكن تحديد مستوى الهرمون في دم الاغنام الحامل (٣,٧٥ نجم / مل) وغير الحامل (٢,٥٧ نجم / مل) بعد ٨ أيام من دورة الشياح في حين انه بعد ١٦ يوم يكون مستوى الهرمون في دم هذه الحيوانات ٣,٦ و ٠,٤٤ نجم / مل على التوالي . وفي العاشية امكن استخدام مستوى الهرمون باللين للحكم على حمل الحيوانات حيث ظهر ان تقدير الهرمون عند اليوم ٢١ أو ٢٤ من التلقيح يمكن اتخاذه كدليل على الحمل فالحيوانات غير الحامل لا يزيد مستوى الهرمون عن ٨ ، ١٠ نجم / مل لبن في حين ان الحيوانات الحامل تزيد عن ذلك كثيراً .

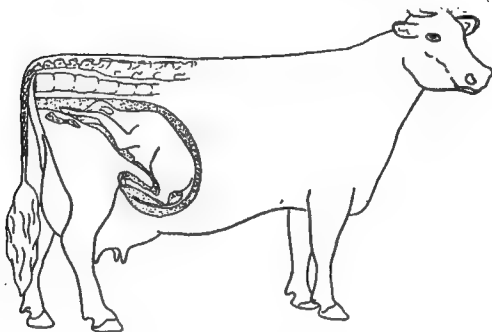
مستوى الاستروجين قد يستخدم ايضا كدليل على الحمل فوجود مستوى عالي من الهرمون بالدم أو اللين عند اليوم ٢١ من التلقيح يدل على عدم الحمل . كما أن وجود مستوى عالي من الهرمون ببول الافراس ابتداء من اليوم ١٢٠ من التلقيح يعتبر دليلاً على الحمل . ولكن يجب أن ننوه هنا الى ان المستويات العالية من الهرمون قد تتواجد ايضا في حالات مرضية مثل الحويصلات المبيضية Ovarian cysts وحالات الجنون الجنى Nymphomania مما يقلل من كفاءة هذا الاختبار مقارنة باختبار تقدير البروجستيرون .

الولادة Parturition :

الولادة تعنى خروج الجنين وأغشيته من الرحم خلال عنق الرحم والمهبل بواسطة قوى طبيعية وفي هذه الحالة يكون الجنين نامياً ومتطوراً بالدرجة التي تمكنه من العيش مستقلاً . والولادة عملية فسيولوجية طبيعية وتكون مصحوبة بالألم واضطراب عام راجع لصعوبة مرور كائن حي ذو حجم كبير نسبياً عبر قناة ضيقة جامدة .

وقبل الولادة فان الجنين يأخذ الوضع المناسب لخروجه بسهولة (شكل ١٢ - ١٢) وتصبح اربطة الحوض خاصة الرباط العجزى الوركي Sacrosciatic أكثر مطاطية مسببة ضعف عضلات الكفل وبذلك يلاحظ ارتفاع قمة الزيل . الشفرات تصبح أكثر

ترهلا ويزيد حجمها بمقدار ٢ - ٦ مرات . والضرع يصبح متطاوّل ومتضخم ويتحوّل افرازه من شبه العسلي الى الافراز المرسوبي . كما ان افرازات المهبل المخاطية التي تبدأ من الشهر السابع للحمل يزيد مقدارها قرب الولادة .



شكل ١٢ - ١٢ وضع الجنين في رحم الأم قرب الولادة . (عن فراتسون)

اسباب الولادة :

الأسباب الحقيقية للولادة غير معروفة تماماً ولكن يعتقد بأنها ترجع إلى :

(أ) قرب نهاية الحمل يزيد مستوى الاستروجين ويقل البروجستيرون مما يزيد من حساسية الرحم لهرمون الأكسيتوسين المفرز عند الولادة وهذا يؤدي لحدوث انقباضات عضلات الرحم فتبدأ الولادة .

(ب) زيادة حجم الجنين وحدثت تغيرات غير معلومة بالمبيض يؤدي لحدوث تحلل دهني بخلايا المشيمة فتضطرب عملية تبادل المواد بين الجنين والأم . وهذا يسبب حساسية للرحم مما يجعله يتفاعل ايجابيا محاولا طرد الجنين الذي يعتبر جسماً غريباً (فسيولوجياً) .

(ج) اوضحت الدراسات أن ميعاد الولادة يتحكم فيه جزئياً الغدة النخامية للجنين . فعند عمر معين يزيد افراز الهرمون المنبه لقشرة الادرينال ACTH وبالتالي يزيد افراز قشرة الادرينال من هرمونات القشرين السكرية التي تؤثر على المشيمة فتغير من الهرمونات التي تفرزها فيزيد تكوين الاستروجين من البروجستيرون وهذا بالنالى يسبب انتاج البروستاجلاندينات من الرحم والذي يعمل على ايقاف نشاط الجسم الأصغر .

مراحل الولادة :

يمكن تقسيم مراحل الولادة الى اربعة مراحل :

١ - المرحلة التمهيديّة The preliminary stage وهى تستغرق ما بين عدة ساعات لعدة أيام . وفيها تمتنع الانثى عن الأكل وتضطرب وتكثر حركاتها والنظر لخاصرتها ثم تحرك ذيلها بعصبية . ويكبر الضرع وتوتر الحلمات وينزل منها سائل لزج معتم . ويتورم الحيا ويحتقن غشاؤه المخاطى ويسيل منه افراز مهبلى مخاطى لزج . وترتخي اربطة الحوض فتظهر على جانبي قمة الزيل حفرتان صغيرتان .

٢ - مرحلة تمدد عنق الرحم The dilation stage وفيه يتمدد عنق الرحم وينخفض الكفل ويظهر اثناء ذلك الكيس المائى Water bag بما يحتويه من سائل امينوتى وغالباً ما يكون بعد ١ - ٣ ساعات وبمجرد انفجار هذا الكيس (طش القرن) يبدأ ظهور الجنين بالرأس مع المقمطين فى الولادة الطبيعية .

٣ - مرحلة نزول الجنين The expulsion of the foetus stage فى هذه المرحلة تنقبض عضلات الرحم والبطن انقباضات متوالية تسمى بانقباضات الطلق تتخللها فترات سكون تكون طويلة فى البداية وتقصّر كلما دنت ساعة الوضع حتى تنتهى بخروج الجنين . وتلد الماشية فى العادة واقفة .

٤ - مرحلة طرد الأغشية الجنينية The expulsion of the placenta تنزل فى هذه المرحلة الأغشية الجنينية . ويكون نزولها فى الافراس سريعاً وفى خلال نصف ساعة أما فى الأبقار فتكون خلال ١٢ ساعة على الأكثر . وفى النعاج فقد تنزل الأغشية جميعها فى نهاية الوضع أو تنزل منفردة مع كل جنين عقب ولادته . وعموماً فنزول مشيمة الماشية غالباً ما يتم فى خلال ٦ - ٨ ساعات من الولادة فإذا ما تأخرت عن ذلك فيجب اخراجها يدوياً .

Sterility العقم

فى مزارع الانتاج الحيوانى يعتبر انتظام توالد الحيوانات أهم هدف يرمى اليه المربى . فتأخير النضج ، قلة أو عدم الولادة ، طول فترة الجفاف ، الشياخ الصامت ، تكرار الاجهاض وتكرار التلقيح تعتبر من المشاكل الرئيسية التى تقلل الكفاءة التناسلية للحيوانات . والمشاكل التى تسبب انعدام ودوام فضل عملية التناسل تعرف بالعقم Sterility فى حين ان انخفاض الخصوبة هى حالة وسط بين الخصوبة Fertility والعقم . وهى تسبب انخفاض الكفاءة التناسلية من ٩٩% الى ١% .

ويمكن تقدير الكفاءة التناسلية للأناث بعدة طرق اهمها عدد التلقيحات اللازمة للحمل حيث تكون الكفاءة التناسلية ١٠٠% اذا كانت هذه النسبة واحد اما اذا زادت هذه النسبة عن واحد فتعنى انخفاض الكفاءة التناسلية . كما أن هناك طريقة نسبة الأبقار التى تلد أبناء حية من تلقيحة واحدة من عدد الحيوانات الملقحة تلقيحة واحدة . وأخيراً طريقة حساب نسبة الأبقار التى لا تعود للتلقيح ثانياً خلال مدة معينة غالباً ما تكون ٦٠ - ٩٠ يوم فإذا عادت البقرة للتلقيح فهذا يعنى انها غير حامل اما اذا لم تعد فهذا يعنى حملها . اما الكفاءة التناسلية للذكور فتتم بقياس نسبة إخصابه للأبقار التى يلقحها . وكلما زاد عدد الأبقار المستخدمة للاختبار كلما زادت الثقة فى النتائج وهذا العدد يجب ان لا يقل عن ٣٠ - ٨٠ بقرة .

واسباب العقم عديدة ولكن يمكن وضعها تحت الأقسام التالية :

- ١ - تشريحية .
- ٢ - علوضة أو حادثة .
- ٣ - فسيولوجية .
- ٤ - غذائية .
- ٥ - نفسية .
- ٦ - مرضية .
- ٧ - وراثية .
- ٨ - متنوعة .

١ - الأسباب التشريحية Anatomical

وهى تشمل عيوب تركيبية بالجهاز التناسلى يكون سببها وراثى أو مكتسب . وبعضها يكون شديد لدرجة أنه يسبب العقم فى حين أن بعضها يخفض الخصوبة وأهم هذه الحالات :

(أ) الخصية المعلقة Cryptorchidism وتعنى عدم نزول الخصية بكيس الصفن وقد تحدث فى خصية أو الاثنتين . وينجم عن ذلك بقاء الخصية معرضة

لحرارة الجسم المرتفعة وبالتالي فشل النسيج الطلائى الجرثومى فى التطور لتكوين حيوانات منوية وقد ترجع هذه الحالة لاسباب وراثية .

(ب) فتاق الخصية Scrotal hernia نزول الاحشاء فى كيس الصفن من خلال الفتحة الاربية يؤدى لفشل وظائف الخصية وتحللها لاعاقة التمويل الدموى .

(ج) العجز الجنسى الناجم عن فشل العضلة المساحية للقضيب للانقباض بما يسمح للقضيب بالتمدد والخروج من الجراب وتسمى Impotentia Coeudi .

(د) التوائم الشاذة Free martin وهى حالة الانثى العقيم (٩١ ٪) والناجمة من وجود حمل انثوى مع ذكرى وبالتالي يحدث التحام الجهاز التناسلى الذكرى والانثى وعدم اكتمال اى منهما .

(هـ) وجود غشاء بكارة دائم Persistent hymen أو مرض العجلة البيضاء White heifer disease فغشاء البكارة عبارة عن غشاء رقيق يقع بين المدخل والمهبل فى العجلات البكرية . ويتقطع مع أول تلقيحه ولكن فى بعض الحالات يكون هذا الغشاء سميك بحيث لا يتقطع مع أول تلقيح ويظل مانعا للتناسل .

(و) عدم اكتمال تكون مجارى القنوات التناسلية مثل الأوعية المخرجة ، قنوات فالوب ، وقرون الرحم وبقاتها على حالتها الأولية المصمتة . وأحيانا لا تلتحم قنوات ميلارين أو أحيانا يتكون مهبليين أو عنقين للرحم . وهذه الحالات تعمل كموانع طبيعية .

(ز) غياب اجزاء من الجهاز التناسلى الذكرى أو الانثى مثل الغدد الجنسية .

٢ - الأسباب العارضة أو الحوادث Accidental : وهى تشمل الاضرار الناجمة عن فعل ميكانيكى ينجم عنه امتبعاد الحيوان من التناسل بصفة مؤقتة أو دائمة . وهذه تشمل :

(أ) خدش أو تمزيق أو التهاب الأعضاء التناسلية . وهى غالباً ما تحدث فى الخيول والحمر عندما لا تجهز الاناث للتلقيح فى الوضع المناسب مما يسبب ضرر للقضيب أو الخصية .

(ب) ثقب جدار الرحم أو المهبل وهذا ينجم عن الولادة غير الطبيعية أو التلقيح بطلوفة كبير وشرس .

(ج) سقوط الرحم أو المهبل وهى حالة غالباً ما تحدث قرب الولادة وهى تزيد من صعوبة الولادة .

٣ - الأسباب الفسيولوجية Physiological : وهى اكثر اسباب العقم وغالباً ما ترجع الى اضطرابات التوازن الهرمونى فى الكائن الحى وهذه تشمل :

(أ) فشل النضج الجنى وغالباً ما يعزى لاضطراب وظائف الغدة النخامية ونقص افراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية وبالتالي عدم تطور الغدد الجنسية والملحقة . بعض الهرمونات مثل الثيروكسين وهرمون النمو وغيرها تؤثر على نمو الجسم وبالتالي على النضج الجنى .

(ب) نقص تكوين الجاميطات وضعف الرغبة الجنسية . وهذه ترجع لضعف افراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية . حيث أن تكوين الحيوانات المنوية والبويضات بالغدد الجنسية يخضع لسيطرة الجونا و تروبينات . ومن جهة اخرى فان الهرمون المنبه للخلايا البينية (LH) يشجع افراز التستستيرون الذى يعمل على اظهار الرغبة الجنسية .

(جـ) حالة عدم الشياح . وهى تحدث فى الاناث لعدة اسباب وهى حالتين :
- المبايض الطفلية Infantial ovaries وتعزى لاسباب وراثية وغذائية وتظهر البويضات بالمبيض غير متطورة وينخفض مستوى هرمون الاستروجين لدرجة عدم حدوث شياح .

- وجود جسم اصفر دائم Presistent C.L. فقد يبقى الجسم الاصفر فعال ويفرز البروجستيرون الذى يكبح الغدة النخامية فلا تفرز هرموناتها المنبهة للغدد الجنسية خاصة الـ FSH فلا تتطور حويصلات جراف التى تفرز الاستروجين الممتول عن الشياح .

(د) الشياح الصامت . حيث تحدث دورة الشبق فى بعض الاناث بدون ظهور اعراض خارجية وهى ظاهرة تحدث فى الجاموس اكثر عن الابقار . والاغنام لا تظهر عليها علامات الشياح عند أول شبق بعد فترة السكون الجنى الموسمية . وترجع هذه الحالة لنقص هرمون البروجستيرون نتيجة اضمحلال كلى للجسم الاصفر .

(هـ) الدورات القصيرة وفشل انفراس الجنين . وهذه الاعراض تحدث نتيجة لضعف الجسم الاصفر وبالتالي نقص افراز البروجستيرون وهو ما يسمح بافراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية من النخامية التى تشجع تكوين البويضات بالمبيض. وحدث شياح الحيوان قبل اكتمال الدورة التناسلية . ونقص البروجستيرون ايضا قد يؤدى لعدم الاعداد الجيد للرحم

الجنين وبالتالي فشل الحمل .

(و) المبيض المتحوصل أو الجنون الجنسي (Nymphomania) Cystic ovaries فى بعض الحيوانات قد تتكون حويصلة أو أكثر على المبيض مما يؤدى لحدوث دورات شبق قصيرة أو شياخ طويل ولا يحمل الحيوان اذا لقح فى هذا الشياخ وهذه الحويصلات يمكن ازالتها يدويا أو تعالج هرمونيا .

٤ - الاسباب الغذائية Nutritional : من اهم المشاكل التى تواجه مربى الحيوانات هو تأثير التغذية على التناسل . فنقص البروتينات أو الكربوهيدرات يؤخر عملية تكوين الحيوانات المنوية ويقلل عدد وحيوية الحيوانات المنوية المتكونة وضعف خصوبة الاناث والذكور . والاحماض الدهنية غير المشبعة هامة للتناسل ونقصها ينجم عنه عدة مشاكل تناسلية مثل نقص الرغبة الجنسية فى الذكور وامتناسل الاجنة والاجهاض فى الاناث .

وبعض العناصر المعدنية هامة للتناسل ومنها الفسفور . والكمية اللازمة منه للبقرة جيدة التناسل تتراوح بين ١٠ - ١٢ جم / يوميا . ورغم اهمية الكالسيوم لعملية التناسل ، الا أن نسبة الكالسيوم للفسفور بالعلاقة لها أهمية . فى يجب أن تكون ١:١ أو ١:٢ لحدوث اقصى كفاءة تناسلية . وللبيود أيضا أهمية فى عملية التناسل وذلك لأنه يدخل فى تركيب هرمون التيروكسين ونقصه يؤدى لخفض معدل الميتابولزم وبالتالي يحدث نقص الرغبة الجنسية للذكور وانتاج سائل منوى ذو صفات غير جيدة .

ونقص الفيتامينات فى غذاء الحيوانات بسبب مشاكل تناسلية . فنقص فيتامين أ (A) يسبب تقرن الغشاء المخاطى وهو ما يجعل بيئة الرحم غير ملائمة لحركة الحيوانات المنوية ولا لمعيشة الجنين . كما أن نقصه بالعجول يسبب اضمحلال الطلائية الجرثومية وتعرثر تكوين الجاميطات فى كلا الجنسين . نقص فيتامين ى (E) يسبب ضعف تناسل الاناث والذكور . فيتامين ك (K) هام خلال عملية نمو الجنين وبعد الولادة حيث يضمن اكتمال تمثيل الكالسيوم والفسفور . فيتامينات بى (B) ود (D) يبدو ان الحيوانات تخلق ما يلزمها منها وبذلك فليس هناك ما يشير لحدوث اعراض نقصها على عملية التناسل خاصة فى حيوانات المناطق الحارة .

٥ - الاسباب النفسية Psychological : ثبت تأثيرها على التناسل خاصة فى الحيوانات العصبية أو الخجولة . وهذا يرجع لنقص الخبرة فى الحيوانات الصغيرة أو للآلم الحادث عند المحاولات الأولى للتلقيح .

٦ - الأسباب المرضية Pathological : وهذه مثل :

(أ) الاجهاض المعدى (البروسيلة Brucellosis) (مرض بانج Bang's disease)
وسببه العدوى بميكروب Brucella abortus الموجود برحم الاناث الحامل
وأحياناً فى الضرع والخصية . وهذا المرض مسؤول عن ٨٥٪ من حالات
اجهاض الابقار وذلك عند ٥ - ٨ اشهر من الحمل . وينتشر نتيجة لتلوث
الغذاء والماء واللبن . وتبلغ نسبة فشل التناسل المؤقت أو الدائم فى
الحيوانات التى تعدى بالمرض نحو ٢٥ - ٣٠٪ .

(ب) التريكوموناس Trichomoniasis وسببه بروتوزوا تنتقل عند استخدام آلات
أو مائل منوى ملوث . ويغزو الميكروب الرحم مسبباً موت الجنين خلال
٣ - ٥ أسابيع من الحمل .

(جـ) مرض الفيبرو Vibrosis يسببه بكتريا تحدث الاجهاض عند بداية الحمل
(٤ - ٧ اشهر فى الماشية) نتيجة أدوات ملوثة .

(د) مرض اللبتوسبيروزس Leptospirosis يحدث الاجهاض فى مرحلة متأخرة
من الحمل وهو يسبب الصفراء والتهاب الضرع وربما الموت ويمكن ان
ينقل للانسان .

(هـ) امراض غير محددة Non-specific فقد يصاب الجهاز التناسلى بعدة
ميكروبات بسبب عدم قيامه بوظيفته فيمتنع انغرس الجنين بالرحم أو
الاجهاض . كما ان الافرازات الناجمة عن التهابات الرحم تجعله بيئة غير
صالحة للاستقبال الاجنة .

٧ - الاسباب الوراثية Genetical : بعض أنواع العقم ترجع لعوامل وراثية خاصة بالعقم
أو عوامل مميتة أو شبه مميتة أو وجود تنافر بين الخلايا التناسلية أو للتجهيز بين
الأنواع . فمثلاً وجود عوامل مميتة فى حالة الانثى التوأمية الشاذة Free martin -
تمنع التناسل . وكذلك وجود عدد مختلف من الكروموسومات كحالة تلفيح
الحصان والحمار ولادة بغل عقيم .

ضعف التناسل من العوامل المتنتحية ولذلك يجب تجديد دم القطيع والبعد عن
تربية الأقارب مما يؤدي لعدم ظهور آثار العوامل المسببة لضعف التناسل .

٨ - الأسباب العامة Miscellaneous : هناك عدد من الأسباب مثل العمل وموسم السنة
والحرارة والضوء تؤثر على عملية التناسل من خلال تأثيرها على الجهاز

العصبى الهرمونى . فمثلا خصوبة الاناث تزيد بزيادة العمر حتى عمر ٤ - ٦ سنوات ثم تقل تدريجيا اما فى الذكور فتصل للاقصاها عند عمر سنتين . كما ان الكفاءة التناسلية تزيد فى الربيع والخريف عن الصيف والشتاء وهذا يعزى غالبا لتأثير الحرارة المرتفعة على قدرة الخصية على تخليق الحيوانات المنوية واحداث اضطراب للدورة التناسلية فى الاناث . وللضوء تأثير على التناسل حيث ان معدل الخصوبة يرتبط ايجابياً مع طول فترة الضوء فالنعاى تبدأ دورتها التناسلية عند تعرضها لضوء صناعى فى حين ان الظلام يثبط الشياى .

الفصل الثالث عشر

التلقيح الصناعي

Artificial Insemination

التلقيح الصناعي هو العملية التي يمكن بها الحصول على المائل المنوى بطريقة آية ثم تخفيفه وحفظه مبرداً (على نحو ٥° م) أو مجمداً (على نحو ٧٩° م أو - ١٩٥° م) لحين وضعه في أرحام الاناث حال شياعها فيحدث الاخصاب .

ولقد ظهرت فكرة التلقيح الصناعي منذ زمن بعيد ، حيث ذكر عن المصريين القدماء والعرب استخدامهم لقطع الصوف أو القطن المشبعة بالمائل المنوى في تلقيح الافراس . وفي العصر الحديث كان للعالم الايطالي سبالنزانى Spallanzani عام ١٧٨٠ سبق التفكير في احداث الحمل في الحيوانات الالهية بأخذ المائل المنوى في رحم الحيوانات عند شياعها . ثم بدأ العالم الروسى ايفانوف Ivanov عام ١٨٩٩ فى استعمال التلقيح الصناعي مع الأفراس، وامكنه ان يدفع الحيوانات المنوية وهى معلقة فى بيئة صناعية الى ارحام الاناث حال شياعها وحملت تلك الاناث . ولم يستعمل التلقيح الصناعي فى الابقار الا بعد عام ١٩٣٠ م عندما امكن تطبيق اختبارات النسل بشكل واسع فى الولايات المتحدة وروسيا والدنمرك ومنها لجميع انحاء العالم .

مزايا التلقيح الصناعي

استخدام التلقيح الصناعي له فوائد عديدة يمكن تلخيصها فى النقاط الآتية :

١ - زيادة الاستفادة من الطلائق الممتازة لأقصى درجة ، وهذا يجعل الطلائق ذات الكفاءة الوراثية العالية فى انتاج اللحم واللبين متوفرة للمربين حيث يمكن للطفولة ان يلقح عدداً كبيراً من الاناث . ففي التلقيح الطبيعى يستعمل الذكر لتلقيح نحو ٥٠ - ٦٠ بقرة فى العام فى حين يصل هذا العدد الى اكثر من ١٠٠٠٠ بقرة فى العام عند استخدام التلقيح الصناعي .

٢ - الاستغناء عن تربية طلوقة خاصة لذى كل مربى وبالتالي توفير تكاليف رعاية الطلوقة وكذلك المساعدة فى تنظيم برامج التربية وتقصير الفترة بين الولادات .

- ٣ - يوفر على المربي البحث عن طلائق ممتازة كل فترة لتجنب التربية الداخلية .
- ٤ - يفيد في عملية خلط الحيوانات وبالتالي الحصول على قوة الهجين وذلك بنقل المسائل المنوى بين البلاد المختلفة .
- ٥ - الاقلال من نشر الامراض اذا اجرى التلقيح الصناعي تحت ظروف صحية وبواسطة خبير مدرب .
- ٦ - التغلب على الفوارق الطبيعية بين الذكر والانثى وبين السلالات المختلفة .
- ٧ - زيادة معدل الخصوبة بزيادة نسبة الحمل حيث ان الخصوبة في التلقيح الطبيعي تكون نحو ٤٣% بينما في التلقيح الصناعي ٧١% .
- ٨ - الاستفادة من الطلائق كبيرة السن والزائدة الوزن والتي قد لا تستطيع الوثب .
- ٩ - المساعدة في حفظ السجلات وخاصة سجلات التلقيح والنسب .
- ١٠ - توفير مقادير من اللحوم نتيجة التخلص من فائض الطلائق المستعملة في التلقيح الطبيعي .

عيوب التلقيح الصناعي

- اظهر استخدام التلقيح الصناعي على نطاق واسع بعض العيوب رغمًا عن مزاياه العديدة وأهم عيوبه :
- ١ - عدم الاعتناء باختيار الطلوقة المستعمل في التلقيح يشكل خطورة لنشر صفات يصعب تداركها .
 - ٢ - الاهمال في اجراء عملية التلقيح وخاصة استخدام أدوات غير معقمة يعرض الابقار لعدة أمراض كالتهاب المهبل وعنق الرحم وكذلك قد ينشر العدوى ببعض الأمراض من الماشية المصابة الى السليمة المخالطة .
 - ٣ - قلة عدد الطلائق المستعملة يدفع المربي للتلقيح من منى الطلائق المتوافرة والذي قد لا يكون هو المطلوب لبرنامج التربية موضع اهتمام المربي .
 - ٤ - اعباء مراقبة الشباع وترقب حدوثه وتكاليف الاتصالات مع مركز التلقيح الصناعي قد تشكل عبئاً على المربي .
 - ٥ - حجز الحيوانات في الحظائر استعداداً للتلقيح قد ينجم عنه انخفاض انتاج اللبن .

مكونات السائل المنوى Components of Semen

يتكون السائل المنوى من حيوانات منوية Spermatozoa معلقة فى وسط سائل يسمى البلازما المنوية Seminal plasma وتبلغ النسبة بينهما نحو ١٠:٩٠ . حجم السائل المنوى وتركيز الحيوانات المنوية به يختلف كثيراً بين أنواع الحيوانات (جدول ١٢ - ١) وحسب الظروف البيئية .

١ - الحيوانات المنوية :

فى معظم انواع الحيوانات بما فيها الانسان يكون شكل الحيوان المنوى مغزلى Filiform نظراً لوجود نهاية زيلية طويلة . ويتكون الحيوان المنوى من ثلاث مناطق هى الرأس Head ، القطعة الوسطى Midpiece والذيل Tail (شكل ١٣ - ١) . ويبلغ طول الحيوان المنوى للثيران نحو 68 ± 3 ميكرون . ومن هذا الطول تكون الرأس ٨ - ١٠ ميكرون ، والعنق ١ ميكرون ، القطعة الوسطى ٨ - ١٠ ميكرون والذيل ٥٠ ميكرون . وعادة ما توجد اختلافات فى الشكل والحجم والتركييب للحيوانات المنوية حتى بين الأنواع القريبة وكذلك قد توجد فى السائل المنوى لنفس الحيوان بعض الاشكال غير الطبيعية لحيوانات منوية مشوهة (شكل ١٣ - ٥) ، والتي قد تبلغ نسبتها فى السائل المنوى للانسان العادى نحو ٢٠% ومثلها تقريباً فى الثيران والخيول ولكن تقل النسبة فى الأغنام .

رأس الحيوان المنوى غالباً ما يكون شكلها بيضاوى فى الثيران ، الكباش ، الأرانب والخنازير وتكون اسطوانية فى الديوك فى حين تكون مشابهة للهب فى الفئران وتكون معظم مساحة الرأس مشغولة بالنواه الممتلئة بالكروماتين الذى يتكون اساساً من الحامض النووى DNA المرتبط بالبروتين . الجزء الامامى من النواه يغطى بتركيب يشبه القلموه يسمى الاكروسوم Acrosome ينفصل من الحيوان المنوى عند التحامه مع البويضة .

الجزء الضيق الذى يربط رأس الحيوان المنوى بقطعته المتوسطة يعرف بالعنق Neck-Piece ويعتبر أكثر أجزاء الحيوان المنوى حساسية وقابلية للكسر . وفى العنق وقريبا من قاعدة النواه يقع الميتروسوم Centrosome الذى يميز بدأ الخيوط المحورية Axial filaments . وتتكون هذه الخيوط من ٢٠ خيط ترى بالطول خلال كل طول القطعة الوسطى والذيل . وترتب الخيوط فى حلقتين كل منهما تحتوى ٩ خيوط ، ويوجد خيطان مركزيان يقعان داخل الحلقة الداخلية . هذه الخيوط هى المسئولة عن حركة الحيوان المنوى .

القطعة الوسطى يبلغ طولها نحو طول الرأس وقطرها تسع قطره وفيها تحاط الخيوط المحورية بحلزون يسمى الجسم اللولبي Spiral body أو الغشاء الميتوكوندري Mitochondrial sheath الذى يمد الحيوان المنوى بالطاقة الحيوية اللازمة لحياته وحركته . الانقباض الذى بين القطعة الوسطى والزيل يميز بوجود الجسم المركزى الحلقي Ring centriole .

الزيل طويل رفيع توجد فيه الخيوط المحورية محاطة بغشاء رقيق ماعدا الجزء النهائى الذى طوله نحو ٣ ميكرون فيكون عبارة عن حزمة الخيوط بدون غشاء .

٢ - البلازما المنوية :

البلازما المنوية عبارة عن خليط السوائل المفرزة من عدة أعضاء أو غدد هي البربخ ، الوعائل الناقل ، الامبولا ، البروستاتا ، الحويصلات المنوية وغدة كوبر وكذلك الغدد الأخرى الموجودة بجدار القناة البولية التناسلية .

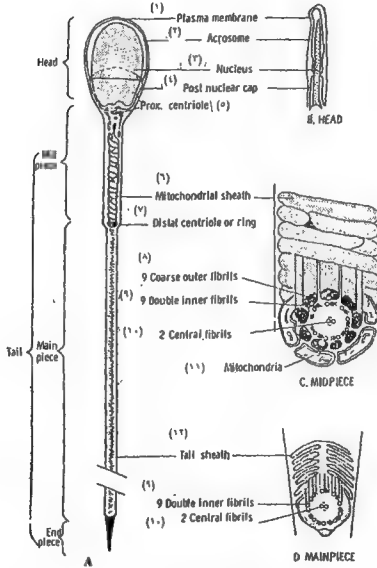
افرازات البروستاتا عديمة اللون حامضية التفاعل (قيمة رقم الحموضة ٦,٥) وتحتوى عديداً من الانزيمات المحللة مائياً . كما وجد بسانل بروتينات الانسان مادة محللة للفيرين Fibrinolysin كما ان افرازات البروستاتا تعتبر المصدر الرئيسى لحمض الستريك والكالسيوم والفوسفات وتحتوى تركيز عالى من الزنك .

افرازات الحويصلات المنوية تساهم بجزء وافر من البلازما المنوية . ومقارنة بافرازات البروستاتا تكون افرازات الحويصلات المنوية اقل حامضية والمواد الصلبة بها عالية وتحتوى نسبة اعلى من بيكربونات البوتاسيوم والفوسفات الذائبة فى الأحماض والبروتين . كما انها المصدر الرئيسى للفركتوز . وتعتبر القدرة الاختزالية لافرازات الحويصلة من أهم صفاتها الكيميائية ويميل لونها الى الاصفرار لوجود صبغة الفلافين .

جمع السائل المنوى Collection of semen

يجمع السائل المنوى بعدة طرق . ففي الماضى كان يوضع فى مهبل الانثى قطعة من الصوف أو الاسفنج وبعد السماح للطلوقة بالوثب يسحب السائل المنوى من القطننة أو الاسفنجة . وتلى ذلك استخدام اكياس المطاط التى توضع فى المهبل حيث يقذف فيها للطلوقة . ولقد امكن للعالم الايطالى امانتيا Amantea عام ١٩١٤ ابتكار المهبل الصناعى

لجمع السائل المنوي من الكلاب والذي طور بعد ذلك لجمع السائل المنوي من النيران والكباش . وحالياً تستعمل ثلاثة طرق لجمع السائل المنوي هي المهبّل الصناعي ، الجمع الكهربائي Electro ejaculation وطريقة التدليك Massage method . واستعمال أى من هذه الطرق يعتمد على نوع وحالة الحيوان .



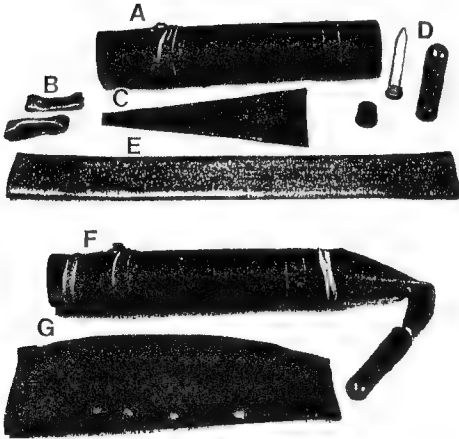
شكل ١٣ - ١ : تركيب الحيوان المنوي لطائق الماشية .

A - الحيوان المنوي كامل ، B - منظر جانبي لرأس الحيوان
C - القطعة الوسطى ، D - القطعة الرئيسية للذيل . (عن بانرجي)

(١) الغشاء البلازمي (٢) الأكروسوم (٣) النواة (٤) الغشاء بعد النواة (٥) السنتريول القريب (٦) الغلاف المينوكوكي (٧) السنتريول البعيد (٨) نسمة ليفات خشنة خارجية (٩) نسمة ليفات مزدوجة داخلية (١٠) ليفتين مركزيين (١١) سينوكودريا (١٢) غلاف القرول

(أ) طريقة المهبل الصناعي

- تعتبر من أفضل وأكثر طرق جمع السائل المنوي انتشاراً . وهناك عدة أنواع من المهابل الصناعية للأنواع الحيوانات المختلفة وكلها ذات ظروف مشابهة للمهبل الطبيعي . المهبل المستعمل للماشية (شكل ١٣ - ٢) يتركب من :
- ١ - أنبوبة خارجية من المطاط القوي مفتوحة الطرفين .
 - ٢ - أنبوبة داخلية من المطاط الرقيق .
 - ٣ - قمع مخروطي يستقبل السائل المنوي .
 - ٤ - أنبوبة مدرجة لجمع السائل المنوي .



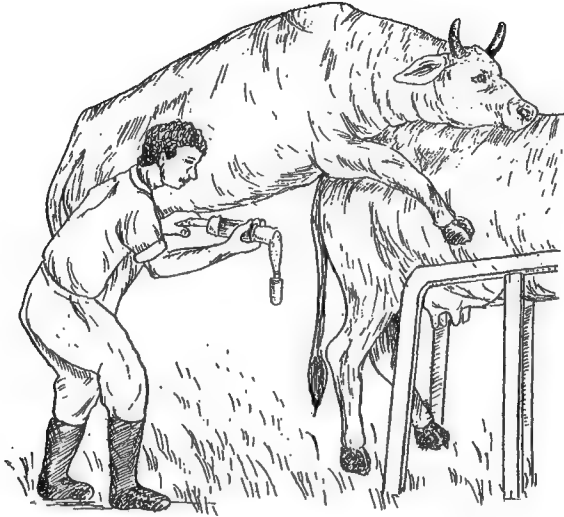
شكل ١٣ - ٢ : المهبل الصناعي المستعمل للماشية . A - استطوانة مطاطية خارجية ، B - أحزمة مطاطية تستعمل لتثبيت أنبوبة المطاط الرقيقة الداخلية (E) والقمع المطاطي (C) بالاستطوانة المطاطية . أنبوبة جمع السائل المنوي وغطائها العازل (D) . المهبل الصناعي مجمع (F) وغطاءه العازل (G) . (عن ماكنتونالد وبينيدا)

حجم المهبل مختلف ولكن طوله يجب ان يكون كافياً للسماح بالقذف عند فوهة أنبوبة الجمع مما يقلل من فقد الحيوانات المنوية التى تبقى على فم الجمع وكذلك لمنع حدوث ضرر للقضيب نتيجة دخوله فى أنبوبة الجمع . وعموماً فإن طلائق الماشية العادية تحتاج لمهبل اسطوانته الخارجية طولها ٤٠ سم وقطرها ٦,٤ سم فى حين ان الطلائق الصغيرة يلزمها مهبل طوله ٣٠ - ٣٥ سم وقطره ٥,١ - ٥,٧ سم . أما المهبل اللازم لجمع المسائل المنوى من الأغنام والماعز فيكون طوله ٤٠ سم وقطره ٥ سم . وللخيل تستعمل نماذج من قطعة واحدة طولها نحو ٩١,٥ - ١٢٢ سم وقطرها ١٨ - ٢٠ سم .

وقبل الجمع تنظف اجزاء المهبل الصناعى وتعقم وتوضع أنبوبة المطاط الرقيقة داخل الاسطوانة الخارجية بحيث يثنى طرفى الانبوبة الداخلية على حافتى الاسطوانة الخارجية بحيث يتكون بين الاثنتين تجويف يملئ بماء حرارته ٤٠ - ٤٥ م . القمع المخروطى المتصل بأنبوبة الجمع يثبت بأحد طرفى الجهاز ، المهبل الحديث مزود بفتحة لخروج الهواء من فتحة خروج الماء حتى يسمح بحركة الهواء بين الأنبوبتين مما يساعد على ضبط الضغط المطلوب . ويدهن باطن الجهاز بمرافين مائل معقم . ويجب وقاية أنبوبة الجمع من اشعة الشمس بتغطيتها بغطاء اسود وكذلك حماية الحيوانات المنوية من صدمة البرد بواسطة توفير وسيلة لتدفئة قمع وأنبوبة الجمع .

وعادة ما تثار الطلوة جنسياً قبل جمع المسائل المنوى بتقريبه ودورانها والسماح له بشم البقرة أو النمية الموجودة بجهاز الوثب . وعند الوثب يمسك المهبل الصناعى فى يد القائم بعملية الجمع بزاوية ٥٥° مع مستوى البقرة ، وهذا لأن قضيب الثور يدخل مهبل البقرة على هذه الزاوية . وعندما يعتلى الطلوة البقرة ويخرج قضيبه يسرع بتوجيه المهبل ناحية القضيب الذى يوجه بمساعدة اليد الأخرى (شكل ١٣ - ٣) . ويجب الحذر من لمس الجزء العارى من القضيب لان هذا ينبه القذف السريع . وبعد أن يدفع الطلوة قذفته يزال المهبل خارج القضيب ويحفظ رأسياً مما يسمح بتجمع القذف فى الأنبوبة المدرجة التى تنزع بعد ذلك من القمع المخروطى لتفحص .

هذه الطريقة تغيد فى الحصول على قذفات كاملة فى الظروف الطبيعية . وتكون القذفات خالية من الشوائب الخارجية . وتوفير ظروف التعقيم تجعل من الممكن السيطرة على انتشار الأمراض كما أن حيوية الحيوانات المنوية تكون افضل ما يمكن . ويمكن الاستفادة من النوى فى عملية الجمع بدلا من



شكل ١٤ - ٣ : جمع السائل المنوي من ثوران الماشية بمساعدة المهبل الصناعي (عن باترجي)

الاناث . غير أنه في بعض الحالات قد ترفض الطلائق التذف في المهبل الصناعي ، كما أن هذه الطريقة يلزمها بعض الأدوات التي قد تكون مكلفة مادياً .

(ب) طريقة التنبيه الكهربائي

ابتكرها العالم الإيطالي باتلي Batelli عام ١٩٢٢ لجمع السائل المنوي من خنازير غينيا ثم طورها العالم الأسترالي جين Gunn عام ١٩٣٦ لجمع السائل المنوي من الكباش، وتتلخص الطريقة في ادخال الكترود أو قطب جهاز كهربائي

من المستقيم والقطب الآخر في المنطقة القطبية من العمود الفقري . ويمر تيار كهربائي متزايد الشدة وعلى فترات فيتنبه العصب المغذى للجهاز التناسلي وينزل السائل المنوي في قطرات .

الأجهزة الحديثة المستخدمة تتكون من مصدر للتيار الكهربائي المتردد متصل بمحول لخفض التيار الكهربائي تتراوح شدته بين صفر - ٤٠ فولت حسب الرغبة . ويتصل هذا بقطب واحد مزود بالكترودين يدخل في المستقيم ويقوم بتنبيه الغدد الحويصلة ، الامبول ، الغدد الجنسية الثانوية والقضيب . الطريقة المتبعة لجمع السائل المنوي من الثيران تتلخص في :

- ١ - يغسل المستقيم بمحلول ٦٪ كلوريد صوديوم .
- ٢ - يدخل قطب جهاز التنبيه لمسافة ٣٠ سم ويوضع على الجدار السفلي للمستقيم .
- ٣ - يمرر التيار الكهربائي المتردد وتزداد شدته تدريجياً من صفر الى ٥ فولت ثم يرجع للصفر مرة أخرى . ويكرر هذا عدة مرات بينها ٥ - ١٠ ثواني .
- ٤ - التنبيه التالي يزداد شدته تدريجياً بمقدار ٥ - ١٠ فولت ويكرر نحو خمسة مرات عند كل مستوى . ويحدث الانتصاب والقذف عندما تصل شدة التيار الى نحو ١٠ - ١٥ فولت بعد أن يمر تيار قدره نصف - ١ أمبير . والكحية الرئيسية من القذفة المحتوية على أكبر عدد من الحيوانات المنوية يتحصل عليها فيما بين فترة التنبيه الرابعة الى الثالثة عشرة .

هذه الطريقة رغم مميزاتها العديدة في الحصول على سائل منوي أقل تلوث ومن طلائق كبيرة أو صغيرة السن وغير قادرة على التلقيح وعدم ضرورة وجود بقرة أو دمية للجمع أو عند الرغبة في الحصول على عينات سائل منوي من عدد كبير من الطلائق المراد اختبارها لأغراض التربية ، فإن لها عيوباً منها ضرورة توافر التدريب والخبرة للشخص القائم بعملية الجمع ، السائل المنوي قد يتلوث ببول الحيوان ، ورفض بعض الطلائق الجمع بهذه الوسيلة .

(ج) طريقة التدليك

تتلخص في تدليك الحويصلات المنوية والامبولا باليد لمدة خمسة دقائق . وهي غالباً ما تستعمل مع الديوك والكلاب ، حيث أن استعمالها مع الثيران يصاحبه غالباً تلوث السائل المنوي بالبول أو قلة عدد الحيوانات المنوية بالسائل المنوي أو اختلال نمية افرازات الغدد المختلفة .

ولجمع السائل المنوى من الديوك التي يقع عضو التلقيح فيها بالجدار البطني للمجمع Cloaca يتم تنليك خفيف هادئ لجوانب البطن باليد اليمنى حتى يظهر عضو التلقيح من فتحة المجمع ، ويظل ظاهراً ما دامت الانقباضات العضلية مستمرة بفعل التنليك . بعد ذلك تعصر الانتفاخات المنوية وينتقى منها السائل المنوى في قمع مركب على أنبوبة مدهونة بالبرافين (شكل ١٣ - ٤) . وباستمرار التنليك والعصر يمكن الحصول على ١ - ٣ سم من السائل المنوى .



شكل ١٣ - ٤ : جمع السائل المنوى من الديوك بطريقة التنليك (عن بانرجي)

فحص السائل المنوى Examination and evaluation of semen

تتطلب عملية التلقيح الصناعي فحص السائل المنوى للطلائق وتقدير حيويته ما بين وقت وآخر وفي فصول السنة المختلفة . وهذا يساعد في الحكم على الطلائق واختيار الممتاز منها في انتاج قذفات جيدة . وتتضمن اختبارات تقييم السائل المنوى عمل اختبارات مظهرية أو طبيعية ، ميكروسكوبية وبكتريولوجية .

(أ) الاختبارات الطبيعية Physical tests : وتشمل الحجم واللون ودرجة الشفافية والضغط الاسموزي والوزن النوعي والتوصل الكهربائي .

١ - الحجم : ويقدر مباشرة بواسطة انبوبة مدرجة أو ماصة ويبلغ متوسط حجم القذفة ٥ - ٨ سم في الثيران ، ٢ - ٤ سم في فحول الجاموس ، ١ سم في الكباش ، ٥ سم في الديك ١٠٠ سم في الحصان و ٢٠٠ سم في الخنزير .

٢ - اللون يلاحظ لون السائل المنوى بعد جمعه مباشرة فيكون لونه معتماً في بياض وضارباً للزرقة الخفيفة في الجاموس والاصفرار الخفيف في الثيران . زيادة اصفرار اللون تعني تلوث السائل المنوى بالبول أو الصديد في حين أن اللون الاحمر يعني تلوثه بالدم .

٣ - درجة القوام والشفافية كلما كان السائل المنوى معكراً دل ذلك على ارتفاع تركيز الحيوانات المنوية في حين ان السائل المنوى المائي الرائق يدل على انخفاض التركيز .

٤ - الضغط الاسموزي : ويقدر في صورة الانخفاض في درجة التجمد وغالباً ما يكون متوسط قيم الثيران نحو ٥٤ - ٧٣ ، والخراف ٥٥ - ٧٠ ، وفي الحصان ٥٥ - ٧٠ م . تغيرات الضغط الاسموزي غالباً ما ترجع الى تغير حالة الالكترولويات بالبلازما المنوية أكثر عن الحيوانات المنوية .

٥ - الوزن النوعي : متوسط الوزن النوعي للسائل المنوى يكون ١,٠٢٨ للانسان ، ١,٠٣٥ للثيران و ١,٠١١ للكلاب. والوزن النوعي للبلازما اقل عن الحيوانات المنوية التي تتراوح في الثيران بين ١,٢٤ - ١,٣٤ ، ولذلك، فان تغير الوزن النوعي للسائل المنوى غالباً ما يرجع لتغير تركيز الحيوانات المنوية .

٦ - التوصيل الكهربائي : تحمل الحيوانات المنوية شحنات كهربائية صغيرة ومتضادة عند الرأس والذيل . تغير الشحنة غالباً ما يعتمد على مقدار تركيز الحيوانات المنوية والشحنات المختلفة لأيونات البيئة المحيطة . ويقدر

التوصيل الكهربائي للسائل المنوي عند درجة حرارة ٢٥° م ويعبر عنه بالأم × ١٠^{-١} ويكون متوسطه نحو ٨٩,٥ - ١١٦,٣ في الثيران، ٤٨,٥ في الكباش و ١١١,٣ - ١٢٩,٥ في الحصان .

(ب) الاختبارات الميكروسكوبية Microscopic tests

وتشمل عدد وحركة الحيوانات المنوية ، عدد الحيوانات الحية والميتة والتغيرات المظهرية في الحيوانات المنوية .

١ - عدد الحيوانات المنوية : يقدر عدد الحيوانات المنوية باستخدام شريحة عد الدم Haemocytometer . هذه الشريحة تقسم إلى حجرات عد تحتوي على ١٦ مربع كبير مقسمة إلى ٢٥٦ مربع صغير مساحة المربع الصغير $\frac{1}{400}$ سم^٢ ، وارتفاع الغطاء الزجاجي عند الشريحة يكون $\frac{1}{16}$ سم وبذلك فإن حجم كل مربع صغير تكون $\frac{1}{64000}$ سم^٣ . ويخفف السائل المنوي

باستعمال محلول فيسيولوجي (سترات صوديوم ٢,٩ %) كالآتي :

١. مل من السائل المنوي يضاف إلى ٩,٩ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١:١٠٠ (أ)
- ١ مل من المحلول أ يضاف إلى ٩ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١:١٠٠٠
٢. مل من المحلول أ يضاف إلى ٩,٨ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١:٥٠٠٠
- ١ مل من المحلول أ يضاف إلى ٩,٩ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١:١٠٠٠٠

ومن المفضل إضافة محلول تلوين كصبغة الايوسين ليضفي لونا للحيوانات المنوية حتى يمكن مشاهدتها جيدا تحت الميكروسكوب ويحسب عدد الحيوانات المنوية من المعادلة :

$$\text{عدد الحيوانات المنوية / مل} = \frac{\text{عدد الحيوانات المنوية} \times 4000 \times \text{معامل التخفيف} \times 100}{\text{عدد المربعات التي عدت}}$$

٢ - حركة الحيوانات المنوية : وتقدر بأخذ نقطة من السائل المنوي بعد جمعه مباشرة وتوضع على شريحة زجاجية عادية أو على شريحة بلوم Blom التي تحتوي ثلاثة حلقات داخل بعضها متدرجة العمق . وتغطي الشريحة وتدقأ لحرارة الجسم وتفحص ميكروسكوبيا .

تقارن حركة دوامات السائل المنوي وحركة الحيوانات المنوية المفردة وتعطى قيم كالآتي :

صفر = حركة معدومة .

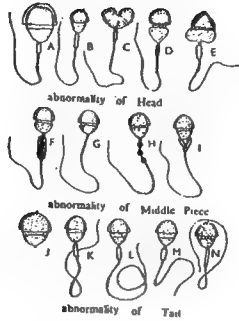
- ١ = أقل من ٢٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية .
- ٢ = ٢٠ - ٤٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية ولكن لا توجد موجات حركة .
- ٣ = ٢٠ - ٦٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية وموجات الحركة ضعيفة .
- ٤ = ٦٠ - ٨٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية وموجات الحركة متوسطة .
- ٥ = ٨٠ - ١٠٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية وموجات الحركة سريعة .

وكقاعدة عامة فإن السائل المنوي الذي يحصل على درجة ٤ فما فوق يصلح للتلقيح الصناعي . وحركات الحيوان المنوي قد تكون سريعة أو تقدمية Progressive ، دائرية Rotary أو تقلصية Oscillatory .

٣ - عدد الحيوانات الحية والميتة : وتقدر بأخذ نقطة من السائل المنوي وتخلط مع محلول ايسين مائي (٥ ٪) ونقطة من صبغة النجروسين (١٠ ٪) ويفرد فلم من المخلوط على شريحة زجاجية تفحص ميكروسكوبيا . الحيوانات الحية تظهر غير مصبوغة في حين ان الميتة تصبغ وتحسب النسبة بين الحيوانات الحية والميتة .

٤ - تغير مظهر الحيوانات المنوية : الحيوانات المنوية تكون غير طبيعية اذا حدث تغير في شكل الرأس أو العنق أو الزيل . وتشمل هذه التغيرات الرأس المكورة أو المنضخمة ، الصغيرة ، المتطاولة الضيقة ، المريضة أو المزوجة أو المقسومة . وكذلك العنق القصير أو المنضخم وقد يكون الزيل غائبا أو ملفوفاً حول نفسه أو حول الرأس (شكل ١٣ - ٥) .

عدد الحيوانات غير الطبيعية يتأثر بعدة عوامل مثل موسم السنة حيث تزيد نسبة الحيوانات المشوهة في الثيران الصغيرة صيفاً وفي الثيران كبيرة السن شتاء . وتتأثر نسبة التشوه بفترات الجمع حيث ان طول فترة الراحة بين الجمعات تزيد نسبة الحيوانات المشوهة . وطريقة جمع السائل المنوي تؤثر على عدد الحيوانات غير الطبيعية فنقل نسبة الحيوانات المشوهة عند جمع السائل المنوي بالمهبل الصناعي في حين تزيد نسبة التشوه عند جمع السائل المنوي بطريقة الاسفنجة المهبلية .



شكل ١٣ - : الاشكال غير الطبيعية من الحيوانات المنوية .

A - رأس متضخم ، B - رأس صغير ، C - رأس مزدوج ، D - رأس كثرى ، E - رأس مدرج ، F - عنق متضخم ، G - عنق خيطي ، H - عنق مسبحي ، I - عنق مزدوج ، J - ذيل غائب ، K-N - ذيل منحنية ومملوكة . (عن بانرجي) .

(جـ) الاختبارات الكيماوية Chemical tests

وهدفها الرئيسي دراسة النشاط الحيوي للحيوانات المنوية وقدرتها التمثيلية للاستخدام الطاقة وبالتالي الكفاءة الاخصابية المتوقعة من هذه الحيوانات . وتشمل هذه الاختبارات تقدير معدل استهلاك الفركتوز Fructolysis ، قياس معدل التنفس Respiration rate اختبار اختزال أزرق المثلين Methylene blue reduction tests وتركيز أيونين الايدروجين (pH) .

١ - اختبار تحليل الفركتوز : بعد أن اكتشف مان Mann عام ١٩٤٨ ان الفركتوز يعتبر المصدر الاساسي للطاقة في السائل المنوي للثيران والكباش ، استخدم اختبار فُدرة السائل المنوي على تحليل الفركتوز لا هوائياً على حرارة ٣٧° م كدليل على حيوية وطول حياة الحيوانات المنوية . ولا يستخدم الفركتوز بالسائل المنوي عديم الحيوانات Azospermic أو ذو الحيوانات عديمة الحركة Necrospermic ، وعليه فمعدل تحليل الفركتوز يستعمل في تمييز النشاط الطبيعي عن غير الطبيعي .

وتحضير عينات السائل المنوي الطازجة لا هوائياً يكون مصحوباً بنقص تدريجي في مقدار الفركتوز مع تجمع مترامن لحامض اللاكتيك ، وفي وجود قدر مناسب من محلول منظم فإن عملية تمثيل الفركتوز بالحيوانات المنوية تستمر خطياً حتى تستهلك كل كمية الفركتوز . وبتقدير تركيز الفركتوز على فترات ينتج دليل تحليل الفركتوز Index of fructolysis الذي يعادل كمية الفركتوز (مجم) المستعملة بواسطة ١٠ حيوان منوي في الساعة على درجة حرارة ٣٧° م . وفي السائل المنوي الطبيعي للثيران تتراوح قيم دليل تحليل الفركتوز من ١ - ٢ ، وترتبط جوهرياً مع كلا من تركيز وحيوية الحيوانات المنوية .

٢ - معامل التنفس : اقترح والتون Walton عام ١٩٤٨ قياس استهلاك الاكسجين في السائل المنوي للثيران كدليل على جودة السائل المنوي ، وفي وجود الاكسجين يقوم السائل المنوي بنشاط تنفسي ملحوظ يرتبط مع تركيز وحركة الحيوانات المنوية . وعادة ما يقدر تنفس الحيوانات المنوية بواسطة جهاز فاربورج Warburg ويعبر عنه بمعامل أدخله رندنز Rendenz عام ١٩٣٣ وأسماه ZO_2 ويعني كمية الاكسجين (بالميكرو لتر LO_2) المستهلكة بواسطة ١٠ خلية منوية خلال ساعة على درجة حرارة ٣٧° م . متوسط قيمة هذا المعامل ZO_2 تكون ٢١ في السائل المنوي للثيران ، ٢٢ للخراف ، ١١ للأرانب و ٧ للدبوك . ونظراً لصعوبة تقدير التنفس بهذه الطريقة فعادة ما تستعمل طرق أخرى مثل وقت اختزال أزرق الميثيلين أو الريبازورين .

٣ - اختبار اختزال أزرق الميثيلين : محلول أزرق الميثيلين يكون لونه أزرق اثناء تعرضه للهواء وعندما يختزل باضافة زرات الايدروجين يصبح ابيض اللون . الزمن الذي يتم خلاله اختزال اللون يتخذ دليلاً على عدد الحيوانات وعلى معدل نشاطها الحيوي . ويجرى الاختبار بخلط ٢ سم من السائل المنوي مع ٥ سم^٢ من مخفف السترات والبيض ثم يضاف لهذا ١ سم^٢ من محلول أزرق الميثيلين (٥٠ مجم / ١٠٠ مل مخفف سترات) . بعد ذلك يوضع الخليط في حمام مائي على درجة ٣٨° م . ويقدر الوقت اللازم للاختزال اللون . ولقد وجد أن السائل المنوي الجيد يختزل لون الصبغة في خلال ٣ - ٦ دقائق وزيادة وقت الاختزال تدل على سوء السائل المنوي .

٤ - تقدير تركيز ايون الايدروجين : تفاعل السائل المنوي الطازج يميل أولاً للتعادل أو القلوية الضعيفة ، ومع استمرار الوقت تقوم الحيوانات المنوية بتمثيل الفركتوز

وتنتج حامض لاكتيك فتزداد الحموضة وينخفض الرقم الأيروجيني (pH) من التعادل للحموضة . وعادة ما يتراوح الرقم الأيروجيني بين ٦,٨ - ٦,٩ . زيادة رقم الحموضة في الاتجاه القلوى عادة ما تشير الى زيادة نسبة البلازما المنوية وقلة الحيوانات المنوية وبالتالي انخفاض خصوبة السائل المنوى .

(د) الاختبارات البكتريولوجية Bacteriological tests

جمع السائل المنوى تحت ظروف لا يتوافر فيها شروط النظافة والتعقيم يؤدي لتلوث السائل المنوى بالميكروبات . وحتى مع توافر جميع الظروف المثالية ، فإن بعض أنواع البكتريا توجد دائما في السائل المنوى للثيران المجموع بطريقة المهبل الصناعي ويبلغ عددها نحو ١٠٠ - ٩٥٠,٠٠٠ كائن / مل . وأهم أنواع البكتريا الموجودة هي Dephteroids ويليها Staphylococci التي توجد بكثرة . وقد يوجد أحيانا بعض الأنواع مثل Pseudomonas ولا Coliform والنوع الأخير قد يسبب تجمع الحيوانات المنوية .

تخفيف السائل المنوى Dilution of semen

رغم ان حجم القذفة الواحدة يكفي لتلقيح اكثر من بقرة (جدول ١٣ - ١) ، فإن اكتشاف المخففات ساعد في تلقيح عدد كبير من الاناث يصل لعدة مئات من الابقار بقذفة واحدة وكذلك ساعد في حفظ فترة الحيوانات المنوية على الاخصاب . والمخفف المناسب يجب ان يكون له الصفات التالية :

- ١ - ان يحتوى على العناصر الغذائية (كمصدر الطاقة) والعناصر المعدنية اللازمة للحيوانات المنوية .
- ٢ - ان يوفر القدرة التنظيمية الكفيلة بمعادلة النواتج السامة لعملية التمثيل .
- ٣ - ان يوفر مصدر للمواد المختزلة اللازمة لحماية الانزيمات الخلوية المحتوية على مجموعة السلفا هيدرال .
- ٤ - يحمى الحيوانات المنوية من ضرر التبريد السريع وذلك باحتواءه على الليبيدات البروتينية و / أو الليسين .
- ٥ - يثبط نمو البكتريا باحتواءه على المضادات الحيوية .
- ٦ - ان يكون قادراً على حفظ الضغط الاسموزى للسائل المنوى خلال فترة التخزين .
- ٧ - يزيد حجم السائل المنوى الخام بحيث يستعمل في التلقيحات المتكررة .

جدول ١٣ ١ : احتياجات عملية التلقيح والظواهر المرتبطة بها في بعض الحيوانات المزرعية

الصفة	المانسية	الأغصام	الخيول
١ - تكرار جمع السائل المنوي (مرة / اسبوع)	٥ - ٣	٧ - ٢٥	٧ - ١٠
٢ - متوسط حجم القذف (مل)	٨ - ٥	١	١٢٥
٣ - تركيز الحيوانات المنوية (مليون / مل)	١٢٠٠	٣٠٠٠	١٢٢
٤ - عدد الحيوانات المنوية بالقذفة (مليون)	٩٦٠٠	٣٠٠٠	١٥٠٠٠
٥ - الحيوانات المتحركة (%)	٧٠	٧٥	٧٠
٦ - الحيوانات عادية المظهر (%)	٨٠	٩٠	٧٠
٧ - المخفف المناسب	صفار البيض - الصفراء %	صفار البيض	جاليكور - جيلاتين
٨ - حرارة الحفظ للسائل المنوي العادي (م)	٥	٥	١٥
٩ - معدل التخفيف + (مرة)	١٠٥	٩	٢
١٠ - مدة حفظ السائل العادي (يوم)	٤	١ - ٢	١
١١ - الوقت المناسب للتلقيح	وسط أو قرب نهاية الشجاع	قرب نهاية الشجاع	ثالث يوم من الشجاع
١٢ - حجم السائل المنوي اللازم للتلقيح (مل)	١	٢	٢٠ - ٤٠
١٣ - عدد الحيوانات المنوية المتحركة التي تحقن (ملون)	١٠	٥٠ - ٦٠	١٥٠٠
- سائل مبرد	١٥	٧٠	١٨٠٠
- سائل مجمد	بعد نهاية صق الرحم	صق الرحم	الرحم
١٤ - مكان وضع السائل المنوي	٨٠٠	٤٠	٧
١٥ - عدد الاثاث الممكن تلقيحها / قذفة	٣٢٠٠	٦٠٠	٦٠
١٦ - عدد الاثاث الممكن تلقيحها / اسبوعيا	٦٥	٧٠	٦٥
١٧ - نسبة الاخصاب من أول تلقيحة (% الحمل)			

* تترك الحيوانات يوما أو اثنين راحة كل اسبوع

+ التكرور المبكرة للصحةمة تستعمل مع استخدام طريقة مثالية للجمع

++ يصحط حسب تركيز الحيوانات المنوية والمعدل المستعمل عادة هو المذكور .

ويمكن حساب حجم المخفف اللازم للسائل المنوي كالآتي :

إذا كان حجم القذفة ٥ مل وتركيز الحيوانات المنوية ١٢٠٠ مليون / مل ونسبة الحيوانات المنوية ذات الحركة التقدمية ٧٠% وعدد الحيوانات المنوية الذي يحقن ١٠ مليون فيكون حجم المخفف اللازم :

$$\text{عدد الحيوانات المنوية المتحركة في } ١ \text{ مل} = ١٢٠٠ \times \frac{٧٠}{١٠٠} = ٨٤٠ \text{ مليون}$$

$$\text{عدد التلقحات الممكنة / مل} = ٨٤٠ \times \frac{١}{١٠} = ٨٤ \text{ تلقيحة}$$

$$\text{حجم المخفف اللازم للقذفة} = ٨٤ \times ٥ = ٤٢٠ \text{ مل}$$

$$\text{عدد التلقحات الممكن الحصول عليها} = ٤٢٠ \times \frac{٩٠}{١٠٠} = ٣٧٨ \text{ تلقيحة}$$

وعلى اساس الاختلافات الفسيولوجية بين الأنواع (جدول ١٣ - ١) ، فإن حيواناتها المنوية يلزمها بيئة مختلفة لضمان معيشتها فترة طويلة . ولهذا توجد مخففات مختلفة للأنواع الحيوانات المختلفة ومن أمثلتها :

(أ) مخففات ثيران الماشية :

١ - مخفف جامعة كورنيل (CUE) Cornell Univ. Extender
ويستعمل لتخفيف السائل المنوى وحفظه مبرداً على درجة ٥° م لأطول فترة ممكنة . ويتركب من المكونات المذكورة في جدول ١٣ - ٢ . يخلط هذا المحلول مع صفار البيض (٤ محلول : ١ صفار بيض) ويضاف ١٠٠٠ وحدة بنسلين و ١٠٠٠ ميكروجرام ستربتومايسين في اللتر . ويحضر مخفف صفار البيض - المسترات طازج يومياً في مراكز التلقيح الصناعي .

جدول ١٣ - ٢ : مكونات مخفف جامعة كورنيل

المكون	الكمية (جم / لتر)	المكون	الكمية (جم / لتر)
مسترات الصوديوم	١٤,٥	جليسين	٩,٤
بيكربونات الصوديوم	٢,١	سلفانيلاميد	٣
كلوريد بوتاسيوم	٠,٤	حمض ستريك	٨٧
جلوكوز	٣,٠	ماء مقطر	تذاب فيه المكونات السابقة وتكمل حتى لتر .

٢ - مخفف صفار البيض - الجلوكوز - مسترات الصوديوم Egg yolk-Glucose-Sodium citrate diluent (EGYC)

وهو يحضر باضافة ٥٠ جزء من محلول مسترات الصوديوم (٢,٩ جم / ١٠٠ مل ماء) الى ٣٠ جزء من محلول الجلوكوز (٥ جم / ١٠٠ مل ماء) . الى المخلوط يضاف ٢٠ جزء صفار بيض ويضاف ١٠٠٠ وحدة بنسلين و ١٠٠٠ ميكروجرام ستربتومايسين الى كل مل من المخفف قبل اضافة السائل المنوى له .

٣ - مخفف اللبن الجليسرول Milk-Glycerol diluent

وهو غالباً ما يستعمل لاغراض حفظ السائل المنوى بالتجميد . ويتم تحضيره بتخفيف السائل المنوى الى نصف التخفيف النهائي المطلوب باستعمال لبن كامل أو

فرز سبق غليه وتبريده وتجنيسه واضافة مضاد حيوى اليه . يبرد السائل المنوى المخفف جزئياً الى درجة حرارة ٥° م خلال فترة ٤ ساعات . يضاف حجم مساوى من اللبن المبرد (٥° م) المحتوى على ٢٠٪ جليسرول نقطة نقطة من خلال قمع فصل وخلال فترة نصف ساعة . يعبأ ويحفظ السائل المنوى المخفف فى انابيب ممثلة كلية لضمان عدم فساد السائل المنوى نتيجة الرج والاكسجة .

٤ - مخفف جامعة الينوى للحرارة المختلفة (IVT) The Illini Variable Temperature
diluent

الدراسات التى اجريت بجامعة الينوى بواسطة العالمين فان دمارك وشارما Van Demark & Sharma عام ١٩٥٧ تمكنت من الوصول لطريقة حفظ السائل المنوى فى مخفف خاص على درجة حرارة الغرفة (١٨ - ٢٦ م) . تركيب هذا المخفف والتعديلات التى ادخلت عليه موضحة فى جدول ١٣ - ٣ وفى هذا الجدول فان مختصر 4G يعنى وجود تركيز للجلكوز اعلى ٤ مرات من تركيزه فى المخفف الاساسى IVT ، 4B يعنى وجود تركيز لليبيكربونات اعلى اربع مرات من تركيزه فى المخفف الاساسى IVT . ويحضر المحلول فى ماء مقطر مع تشبيعه بغاز كأم على درجة حموضة ٦,٢ - ٦,٣ . ويخلط المحلول بصفار البيض بمقدار ١٠ - ١٥٪ قيل تخفيف السائل المنوى . ثم يعبأ السائل المخفف فى امبولات . والسائل المنوى يمكن حفظه بهذه الطريقة على حرارة الغرفة لمدة ٧ أيام ويعطى نسبة خصوبة تتراوح بين ٧٠ - ٨٠٪ .

جدول ١٣ - ٣ : تركيب مخففات الحرارة المتغيرة IVT (جرام / ١٠٠ مل)

المكون	الاساس IVT	المخفف IVT 4G-1B	IVT 4G-2B	IVT 4G-3B
بيكربونات الصوديوم	٢١	٢١	٤٢	٨٣
منترات الصوديوم	-	١,٤٨	١,-	٠,٩
كلوريد البوتاسيوم	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤
جلوكوز	٠,٣	١,٢	١,٢	١,٢
سلفانيلاميد	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣
بنسلين (وحدة / مل)	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
ستريزومايسين (مكجم / مل)	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
كناليز	-	٠,١	٠,١	٠,١
صغار البيض (٪)	١٠	١٥	١٥	١٥

(ب) مخففات فحول الجاموس

اتضح من دراسة السائل المنوى الجاموسى ان قدرته الحفظية اضعف من البقرى كما أن النشاط التمثيلى للحيوانات المنوية مقدرًا بواسطة استهلاك الاكسجين وتحلل الفركتوز اضعف عن مثيله البقرى . ولقد اقترح تومار وديزاي Tomar & Desai عام ١٩٦١ مخفف يستعمل مع الجاموس يعرف باسم مخفف صفار البيض - الجلوكوز - بيكرينات الصوديوم EYGB تركيبه موضح فى جدول رقم ١٣ - ٤ . ويضاف اليه البنسلين والستربتومايسين كالمعتاد . وبالإضافة لذلك يستعمل مخفف صفار البيض - الجلوكوز - سترات الصوديوم EYGC السابق ذكره والمستعمل مع ثيران الابقار .

جدول ١٣ - ٤ : مخفف البيكرينات المعدل للجاموس

المكون	النسبة (%)
بيكرينات البوتاسيوم (٠.٢ %)	١٠
سترات الصوديوم (٣ %)	٣٠
جلوكوز (٥ %)	٣٠
فركتوز (٥ %)	١٠
صفار البيض	٢٠

(ج) مخففات الاغنام والماعز

تستعمل ثلاثة أنواع من المخففات مع الاغنام والماعز هي كالاتى :

- ١ - ٢ جزء من حمض بوريك (٢ %) يضاف له جزء من بيكرينات صوديوم (١ %) . هذا الخليط يضاف الى السائل المنوى بنسبة ١:٣ .
- ٢ - يضاف محلول سترات الصوديوم (٣.٥ %) الى صفار البيض بنسبة ٥ % .
- ٣ - محلول سترات الصوديوم (٥ %) يضاف اليه سلفاميرازين (٣ %) . ويستعمل المحلول باضافة للسائل المنوى بنسبة ١:١ .

(د) مخففات الدواجن

تستعمل المحاليل التالية كمخففات للسائل المنوى للدواجن (جدول ١٣ - ٥) . وقبل التلقيح مباشرة يضاف ٢ جزء من المخفف الى جزء من السائل المنوى ويخلط

جيدا مع ضبط رقم الحموضة عند حوالي ٦,٦ - ٦,٨ .

جدول ١٣ - ٥ : المحاليل المستخدمة كمخلفات للسائل المنوي للبوارج

التركيز (جم / لتر ماء مقطر)			
المكون	محلول رنجر Ringer	محلول لوك Locke	محلول تيرويد Tyrode
كلوريد صوديوم	٩,٠-	٩,٠-	٩,٠-
كلوريد بوتاسيوم	٠,٣	٠,٢٤	٠,٢٠
كلوريد كالسيوم	٠,٢٥	٠,٤٢	٠,٢٠
كلوريد مغنسيوم	—	—	٠,١٠
بيكربونات صوديوم	٠,٢٠	٠,٢٠	١,٠-
دكستروز	—	١,٠	١,٠-

حفظ السائل المنوي Storage of Semen

الهدف الاساسي من عملية التلقيح الصناعي هو الاستفادة القصوى من السائل المنوي للطلائق الممتازة . ويتم ذلك بحفظ السائل المنوي لهذه الطلائق بالتبريد أو التجميد حيث يقل معدل التمثيل الغذائي بخلية الحيوان المنوي ويتوقف عن الحركة الا انه يظل حياً . وينتج عن ذلك ان يحتفظ الحيوان المنوي بقدرته على الاخصاب لمدة اطول مما لو ترك على درجة حرارة الجسم أو الغرفة .

١ - الحفظ بالتبريد :

ويتم باجراء عملية تخفيف السائل المنوي بالمخفف المناسب على درجة ٣٧° م بعد الجمع مباشرة ثم البدء في تبريد السائل المنوي تدريجياً الى درجة حرارة ٥° م وفيما لا يقل عن ساعة . وعادة ما تستعمل سرعة تبريد متوسطة هي حوالي ٢٠ دقيقة لكل خمسة درجات تبريد . ويتم ذلك بأن توضع انابيب أو امبولات السائل المنوي المخفف والتي درجة حرارتها ٢٠ - ٣٠° م في حوامل توضع في حوض التبريد الذي يمر فيه تيار ماء بارد على درجة حرارة ٥° م . ويحفظ السائل المنوي مبرداً على حرارة ٥° م ولحين استعماله في ثلاجة مضبوطة على هذه الدرجة حيث يمكن التلقيح به خلال ٣ - ٤ أيام .

٢ - الحفظ بالتجميد :

تجميد السائل المنوى على درجات حرارة منخفضة (- ٨٠° م أو - ١٩٠° م) يساعد في حفظ السائل المنوى لفترات طويلة جداً وبالتالي يمكن الاستفادة من الطلائق الممتازة على مدار العام وذلك رغم إصابتها بمرض أو حتى بعد موتها . كما أن هذه الطريقة تسهل نقل السائل المنوى بين البلاد والدول المختلفة .

السائل المنوى المراد تجميده يجب أن يحتوى على عدد أكبر من الحيوانات المنوية المتحركة بعد تخفيفه عن ذلك المحفوظ بالتبريد لتعويض نسبة الحيوانات التي تموت عند التجميد (٤٠ ٪) . يخلط جزء من السائل المنوى بثلاثة أجزاء من المخفف غير المحتوى على جليسرول على حرارة الغرفة ثم يبرد المخلول تدريجياً حتى حرارة ٥° م خلال ساعة (المخفف القياسي يحتوى ٣ أجزاء حجمية من محلول ٢,٩ ٪ سترات صوديوم وجزء صفار بيضة . وهناك مخفف آخر يتركب من اللبن الفروز السابق عليه مع أو بدون إضافة صفار البيض) . يضاف لهذا السائل المنوى المخفف جزئياً والمبرد حجماً مساوياً من نفس المخفف ولكن يحتوى على ١٤ ٪ جليسرول خلال فترة ساعة ليعطى تركيز نهائي للجليسرول ٧ ٪ . يترك هذا السائل المنوى المخفف المحتوى على جليسرول بارداً على حرارة ٥° م لمدة ٦ ساعات ثم يجمد تدريجياً على - ٧٩° م .

الجليسرول المضاف للسائل المنوى قبل التجميد اقترح استخدامه كمادة مضادة للتجمد Anti-freeze بواسطة العالمين سميث وبولج Smith & Polge عام ١٩٥٠ . حيث يخفض درجة تبلور المخفف والسائل المنوى عند التجميد فلا تنفصل بلورات الثلج النقي بل يبقى الماء ممزوجاً مع المواد الذائبة فيه ويحدث التبلور فجأة في مدة قصيرة ويكون التبلور لمزيج الماء والمواد الذائبة فيه وبالتالي لا تحدث ظاهرة انفصال بلورات الثلج النقي وما ينجم عنها من أضرار تنتج عن ارتفاع تركيز المحلول بعد فصل الثلج النقي .

وسابقاً كان استعمال ثاني أكسيد الكربون (الثلج الجاف) والكحول هو الطريقة السائدة لتجميد وحفظ السائل المنوى على درجة - ٧٩° م ولكن الآن حل محلها التجميد باستخدام النيتروجين السائل على درجة - ١٩٠° م حيث يعبأ السائل المنوى في أمبولات Ampoules سعة ٥ - ٥ سم^٢ أو أنابيب شعرية صغيرة Straws أو حبيبات Pellets . السائل المنوى الجاف Dried semen أمكن التوصيل له واختبرت صلاحيته رغم موت نسبة كبيرة من الحيوانات المنوية عند التجفيف . وتتم العملية بإجراء التجفيف بالتفريغ المصحوب بالتجميد للسائل المنوى .

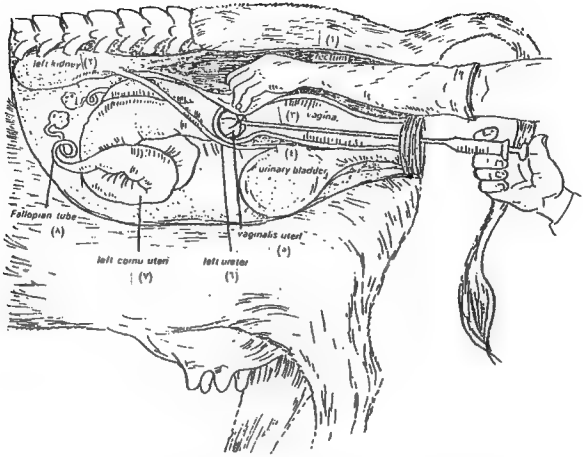
حقن السائل المنوى (التلقيح) Insemination

نجاح عملية التلقيح يعتمد اساساً على (١) استعمال حيوانات منوية ذات خصوبة عالية وراثياً ، (٢) معاملة جيدة للسائل المنوى قبل التلقيح ، (٣) التلقيح فى الوقت المناسب من دورة الشياح و (٤) حقن السائل المنوى بطريقة سليمة . النقطتين الأوليتين سبق مناقشتهم اما الأخيرتين فسنتناولهم فيما يلى .

اكتشاف الشياح ووقت التلقيح : يمكن الحصول على نسبة خصوبة عالية باستخدام حيوانات منوية عالية الخصوبة تتواجد فى قناة البيض عندما يحدث التبويض وذلك نظراً لأن حياة البويضة قصيرة وبذلك فان عملية التلقيح يجب ان تسبق التبويض . ووقت التبويض يصعب معرفته بدقة ولذلك فان عملية التلقيح يجب توقيتها ابتداء من حدوث الشياح . وعليه فلكشف الشياح يجب أن يلاحظ بدقة وانتظام . وعادة ما يتكرر حدوث الشياح بالبقرة غير الحامل كل ٢١ يوم . وعند عدم قدرة الشخص على كشف الشياح عند بدأ حدوثه ، فان عليه تدقيق الملاحظة ابتداء من اليوم ١٩ - ٢١ من بعد فشله فى كشف الشياح فى أول مرة . وفى الأبقار يظهر الشياح فى وقوف الانثى ساكنة عندما يعتليها حيوان آخر . والبقرة التى يكتشف شياحها أول مرة صباحا تلقح مساء نفس اليوم وتلك التى يكتشف شياحها مساء تلقح صباحا تانى يوم . التنبيه الحادث عند التلقيح قد يختصر الفترة من نهاية الشياح حتى التبويض .

مكان وضع السائل المنوى : فى الأبقار يتم الحصول على افضل نتائج باستخدام طريقة المستقيم والمهبل Recto-vaginal method وفيها يدخل الملقح يده التى تلبس قفاز فى المستقيم ويستعملها فى مسك عنق الرحم وجدار المستقيم . بعد ذلك تدخل انبوبة التلقيح فى المهبل وتوجه لعنق الرحم بمعرفة اليد التى تلبس القفاز والموجودة بالمستقيم (شكل ١٣ - ٦) . ويجب على الملقح أن يكون لديه الخبرة الكافية للقيام بهذه العملية . وعادة ما تستعمل مادة لتشحيم القفاز مثل الفازلين أو الصابون أو الماء لتسهيل دخول اليد بالمستقيم . دخول انبوبة التلقيح بالمهبل يجب أن تكون من نقطة مرتفعة بزاوية ٢٠ - ٣٠ درجة أى قريبة من الجانب الظهري للمهبل . وهذا يجنب دخول طرف الانبوبة فى الجيب المسدود أو فتحة خروج البول . اليد الموجودة بالمستقيم تستعمل فى توجيه طرف انبوبة التلقيح الداخلة فى المهبل ناحية فتحة عنق الرحم . ويحقن السائل المنوى فى الجزء الامامى لمجرى عنق الرحم .

التلقيح فى الأغنام يتم بعد بدأ ظهور الشياح بنحو ٨ - ١٤ ساعة . ويكتشف الشياح بمساعدة كبش كشف . ويتم التلقيح بطريقة المنظار المهبل Vaginal speculum الذى



شكل ١٣ - ٦ : طريقة المستقيم والمهبل لحقن السائل المنوي في الأبقار حيث تدخل اليد اليسرى بالمستقيم لممسك عنق الرحم ويدفع السائل المنوي بواسطة المحقن بمساعدة اليد اليمنى . (عن بالرجي) .

(١) المستقيم (٢) الكلية اليمنى (٣) قنبر (٤) المثانة (٥) عنق الرحم (٦) الحالب الأيسر (٧) القرن الأيسر للرحم (٨) قناة فالوب

يصنع خصوصاً للاغنام . ويشحم المنظار بالزيت أو الفازلين ويدخل بعناية في المهبل حيث يتم تحديد مكان عنق الرحم بمساعدة مصدر اضاءة . وتستعمل كمية بسيطة من السائل المنوي (٥ ، ١ - مل) وتحتوي نحو ٥٠ - ١٥٠ مليون حيوان حيث تحقن بمساعدة محقن خاص يمر في عنق الرحم لمسافة ١ - ٣ سم حيث تفرغ محتوياته .

في الدواجن يتراوح حجم التنفذ بين ٢٥ ، ١ - مل وتركيز الحيوانات المنوية ٥٠٥ مليون / مل . وينصح في عملية التلقيح ان تتم باستخدام نحو ١ مل سائل منوي غير مخفف أو الحجم المناسب من السائل المخفف . وعند تلقيح الفرخة تمسك بواسطة الملقح بحيث يظهر المهبل للخارج ثم تدخل حقنه التلقيح لعمق ٣ سم حيث يحقن السائل

المنوى . يرفع الضغط الواقع على الفرخة ليرجع المهبل لموضعه . وينصح بإجراء عملية التلقيح فى المساء لانه خلال الصباح قد يكون الرحم محتويا على بيضة كاملة التكوين . ويعاد التلقيح على فترات اسبوعية فى الدواجن .

ملاحظات عامة :

عملية التلقيح الصناعى فى حد ذاتها سهلة للغاية ويقوم بها فى جميع البلاد المتقدمة ملقحون متخصصون تابعين لمراكز التلقيح الصناعى وكذلك يقوم بها بعض المربين بأنفسهم . على أن العملية تستلزم دراسات دقيقة وتفهم لبعض المجالات مثل :

١ - رعاية الحيوان وخاصة الطلائق لتكون فى مأمن من التعرض للضعف أو الاجهاد الجنسى الذى يضر بقيمتها الانتاجية .

٢ - جمع السائل المنوى وفحصه وتخفيفه وحفظه بالتبريد أو التجميد .

٣ - فحص الاناث للتأكد من شياعها وجسها لمعرفة حملها مبكرا حتى لا يتكرر تلقيحها فتجهض وحتى يمكن ضبط ميعاد التلقيح المخصب .

٤ - دراسة الاخصاب والعقم ومعرفة اسبابها وعلاجه .

٥ - دراسة الامراض المعدية وغير المعدية التى يتعرض لها الذكور والاناث وعلاج المصاب ووقاية السليم .

هذه العمليات تتطلب دقة الالمام بها ودراستها وهى مرتبطة بعلوم التشريح والفسيولوجيا والكيمياء الحيوية والبايولوجيا والأمراض وكذلك تتطلب الالمام بالنشخيص والعلاج والوقاية .

ويلزم لنشر التلقيح الصناعى ضرورة اعداد مركز عام على مستوى المحافظات أو الوحدات المحلية تجمع فيه السائل المنوى ويحفظ ومراكز فرعية على مستوى القرية أو المزرعة تتلقى السائل المنوى من المركز العام والقيام بعملية التلقيح بعد مراقبة الشياع .

الفصل الرابع عشر

الغدة اللبنية وافراز اللبن

The mammary gland and milk secretion

عبر مراحل تطور الحيوانات ظهر لواحد من الأقسام العالية للفقرات (الثدييات) عضو جديد هو الغدة اللبنية Mammary gland أو الضرع udder يتخصص افرازه وهو اللبن في تغذية الصغار حديثي الولادة . ورغم أن الانسان أستأنس نحو ٦٠ نوع من الحيوانات ، إلا أن الأنواع التي تمده باللبن تضم الماشية - الاغنام - الخيل والجمال . ومنذ أن استأنست هذه الحيوانات قام الانسان بالانتخاب فيها وتحسينها مما جعلها الآن تختلف بدرجة محسوسة من الناحية التركيبية والوظيفية عن أصولها البرية . فالماشية الحالية تعطى الانسان كمية لبن تصل الى نحو ٣٠ مرة قدر الماشية البرية . وهذا يوضح الى أي مدى يمكن بواسطة الانتخاب والخلط وتحسين الظروف البيئية زيادة انتاجية الحيوان .

تركيب الغدة اللبنية

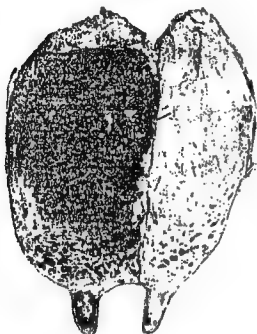
Structure of Udder

أولاً : الشكل الخارجي : External Structure :

ضرع الابقار والجاموس يتكون من أربعة غدد منفصلة عن بعضها في حين أن ضرع الاغنام والماعز يتكون من غدتين . الضرع عبارة عن غدة جلدية تغطي عادة بالشعر ماعدا منطقة الحلمات . ويظهر الضرع بشكل مربع أو بيضاوى وينقسم الى نصفين أيمن وأيسر بواسطة التجويف البينضري Intramammary groove . ويحتوى كل من نصفى الضرع على غدتين أمامية وخلفية . الارباع الخلفية تكون الجزء الأكبر من الضرع وتفرز عادة نحو ٦٠٪ من اللبن (شكل ١٥ - ١ ، ٢) .

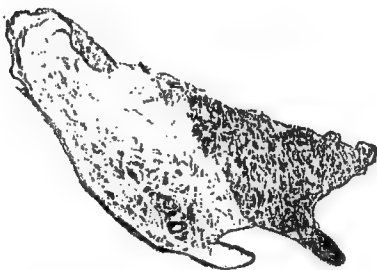
ويختلف وزن الضرع الفارغ حسب النوع ويبلغ نحو ٣٢ رطل في الفريزيان ، ٢٢ رطل في الجرسى ، ١٨ رطل في الجرمنى والايشر . ويزيد الوزن بزيادة وزن الحيوان وعمره وتكون معظم الزيادة بين موسمي الحليب الأول والثاني . وتبلغ سعة الضرع حوالي ٦٨ رطل كما في الفريزيان .

الحلمات تختلف في الشكل من اسطوانية الى مخروطية والحلمات الخلفية عادة ما تكون أقصر من الامامية .



شكل (١٥ - ١)

قطاع عرضي في ضرع الماشية من جهة الأرباع الخلفية التي تتفصل بواسطة الرباط الوسطى المعلق . ولقد صبغت الأرباع بلون مختلف . (عن شميت)



شكل ١٥ ٢ قطاع طولي في ضرع الماشية خلال الأرباع الامامية والخلفية ولقد صبغ الربعين بصبغة مختلفة (عن شميت)

ثانياً : التركيب الداخلي Internal Structure

يتרכب ضرع الماشية من نصفين أيمن وأيسر معزولين عن بعضهما تماماً بواسطة الرباط الوسطى الرافع Medial Suspensory ligament وكل نصف يحتوى على غدتين مستقلتين عن بعضهما تماماً بدليل أنه اذا حققت صبغة فى القنوات اللبنية من مخزن غدة فإنها تنتشر فى غدة واحدة دون الغدد المجاورة .

الانسجة المكونة للغدة اللبنية تشمل نوعين هما النسيج الغدى والنسيج الضام وتفاوتت النسبة بينهما حسب نوع الحيوان وعمره والحالة الفسيولوجية . ففي الحيوانات الحلابة يغلب النسيج الغدى (٨٠ - ٩٠ ٪) على النسيج الضام (١٠ - ٢٠ ٪) ، فى حين أنه فى العجلات يكون الضرع صغيراً ويغلب فيه النسيج الضام . ويتكون النسيج الغدى من حويصلات Alveoli تتصل ببعضها عن طريق قنوات ducts لتكون فصوص وفصيصات Lobules & Lobes تحاط بأنسجة ضامة تعمل على حفظ الانسجة الغديه داخل الضرع .

١ - اربطة الضرع Supporting Structure :

يتصل الضرع بالجسم بواسطة عدة أربطة (شكل ١٥ - ٣) تعمل على المحافظة عليه وأهمها :

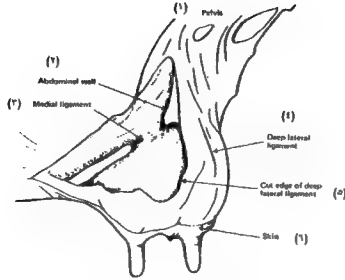
(أ) الرباط المتوسط الرافع Medial Suspensory ligament مصدرة السطح البطنى ويمتد للسطح الوسطى للضرع. وضعفه بسبب حدوث الضرع البندولى ويعتبر من أهم روابط الضرع .

(ب) الرباط الجانبي الرافع Lateral suspensory ligament مصدرة روابط تحت الحوض ويمتد للأسفل والامام حول الضرع .

(جـ) الجلد والانسجة تحت الجلد Skin & Subcutaneous tissues ودور هذه الروابط بسيط فى تطبيق الضرع مقارنة بالاربطة الاخرى .

٢ - جهاز تجميع اللبن Milk Collecting system :

الانسجة المفزة للبن تتكون من حويصلات Aleveoli. تتجمع كل مجموعة من الحويصلات بواسطة قناة عامة Common duct وتحاط بنسيج ضام لتكوين فصيص Lobule . وكل عدة فصيصات تحاط هى الأخرى بأنسجة ضامة لتكوين فص Lobe .



شكل ١٥ - ٣ : جهاز تطبيق الضرع

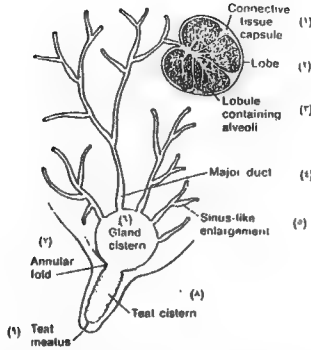
(١) تعرض (٢) جدار البطن (٣) الرباط الوسطى (٤) الرباط الجانبي العميق (٥) حافة الرباط الجانبي (٦) الجلد (٧) عن ثيل ودود)

تفرغ القصوص لبنها في قنوات رئيسية عامة Major duct يبلغ عددها نحو ١٢ قناة تصب في مجمع الغدة Gland Cistern الذي يقع فوق الحلمة . وتقدر سعة مجمع الغدة بحوالي ١٠٠ - ٤٠٠ جم لبن . ويتصل مخزن الغدة بمخزن أصغر يعرف بمخزن الحلمة Teat cistern ويفصلهما ثنية حلقيه من الأنسجة الضامة . وينتهي مخزن الحلمة بقناة صغيرة تسمى بالقناة الخطية Streak Canal التي تفتح للخارج ويدعمها صمام عضلي قوى Sphincter muscle يلعب دوراً هاماً في تقدير معدل نزول اللبن (١٥ - ٤) .

القنوات الصغيرة الموجودة داخل الفصيصات تتكون من غشاء قاعدي محاط بخلايا طلائية عضلية وطبقة واحدة من الخلايا الطلائية المفرزة . أما القنوات بين القصوص فتتكون من طبقتين أو أكثر من الخلايا الطلائية عديمة النشاط الإفرازي . ومع كبر القناة يزيد مقدار الاليف العضلية المحيطة . ويلاحظ أن القنوات تتسع مكونة تجاويف قبل اتصالها ببعضها مما يسهل تخزين اللبن بين الحلبات . مخزن الغدة والحلمة يبطنها من الداخل طبقتين أو أكثر من الخلايا الطلائية ترتكز على طبقة من الأنسجة الضامة . وتوجد غدد ثانوية صغيرة بجدار مجمع الغدة والحلمة يعتقد بأنها تفرز اللبن .

٣ - حويصلات اللبن Alveoli :

حويصلات الغدة اللبنية عبارة عن انتفاخات صغيرة كمثرية الشكل توجد في نهاية قنوات اللبن وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية التي يختلف شكلها تبعاً لدرجة



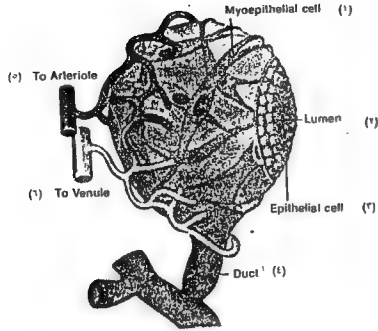
شكل ١٥ - ٤ : النظام القوي في أهد أربع ضرع للماشية . (عن شميت)

(١) حويصلة من نسيج صام (٢) فسر (٣) حويصلات (٤) قناة عامة (٥) مجرى، يشبه الجيب (٦) مغزل العنق (٧) شبه حلمه (٨) مغزل الطمحة (٩) فتحة الطمحة

نشاطها الإفرازي . فعندما تكون الحويصلة فارغة فإن خلاياها تكون عمادية وعندما تمتلئ بالافراز فانها تصبح قصيرة وممتدة . يحيط بقاعدة الخلايا الطلائية شبكة من الخلايا الطلائية العضلية Myoepithelial Cells تغلف الحويصلة من الخارج وترتكز على غشاء قاعدي رخو معمول بشبكة من الأوعية الدموية التي تمد الحويصلات بالمواد الغذائية اللازمة لتخليق اللبن (شكل ١٥ - ٥) .

ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبي الدقيق لخلايا الحويصلات وجود زوائد تشبه الخملات Microvilli تعمل على زيادة السطح الخلوي للمغزل للبن . وتنتشر الشبكة الاندوبلازمية بصورة متوازية ومتجاورة بالجزء القاعدة من الخلية وجوار النواه . وسطح الشبكة الخارجي خشن لوجود ريبوسومات ذات محتوى عالي من الـ RNA . نواه الخلايا الطلائية كبيرة ومستديرة وقد تحوى أكثر من نوية . الميتوكوندريا توجد بكميات كبيرة بالقرب من قاعدة الخلايا الطلائية وخصوصا في الحيوانات الحلابة . وتتميز الخلايا الطلائية بوجود أجهزة جولجي بكمية كبيرة .

الخلايا الطلائية العضلية توجد في شكل شبكي . وسيتولازمها خيطي والنواه مغزلية



شكل ١٥ - ٥ : رسم توضيحي للحويصلات اللبنية وتمويلها الدموي . (عن شميت)

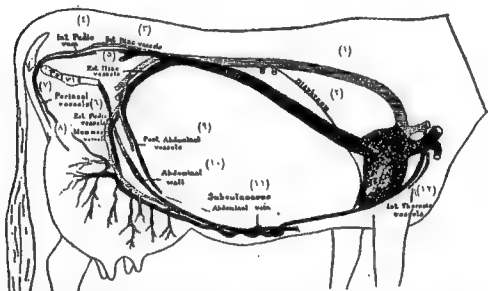
(١) خلايا طلائية عضلية (٢) نسيج (٣) خلايا طلائية (٤) قناة (٥) غدة (٦) الشريان إلى الوريد

وترتبط اساساً بانقباض حويصلات اللبن وطرد اللبن للخارج فى القنوات والمخازن وذلك عند الرضاعة أو الحليب .

٤ - التمويل الدموي للضرع Blood Supply :

يتم تمويل الضرع بالدم بواسطة الشريان الحرقى المتفرع من الأور على Aorta ثم الشريان العورى الخارجى External Pudic artery الذى يدخل للضرع عن طريق القناة الاربية . Inguinal Canal . وبمجرد دخوله للضرع يكون ثنيه أو خيه Sigmoid flexure تسمح للشريان بالتمدد عند امتلاء الضرع باللبن . بعد ذلك يتفرع منه وصلة للغدة الليمفاوية . وبعد ذلك ينقسم الشريان الضرعى لفرعين هما الشريان الامامى Cranial mammary artery والشريان الضرعى الخلفى Caudal mammary artery ثم تخرج من هذه الشرايين فروع وشعيرات دقيقة تحيط بالحويصلات . يوجد شريان آخر أقل أهمية هو الشريان الشرجى Perineal artery يغذى الجزء الخلفى الظهرى للارباع الخلفية .

يتجمع الدم بعد أن يغذى حويصلات اللبن المفترزة فى شعيرات وريدية تتصل ببعضها مكونة أوردة تعيد الدم ثانياً للقلب . وأهم هذه الاوردة الوريد العورى الخارجى External Pudic vein والذى يسير محازيا للشريان العورى الخارجى ويصب فى الوريد الاجوف السفلى Posterior vena cava . كما يخرج الدم من الضرع عن طريق الوريد البطنى تحت الجلد Subcutaneous abdominal vein (الوريد اللبنى Milk vein) . وهو يجمع الدم من الجلد والسطح الخارجى للغدد والحلمات . كما أن هناك الوريد الشرجى Perineal vein يحمل الدم الوريدى من الجزء الخلفى الظهرى للاربعاء الخلفية (شكل ١٥ - ٦) .



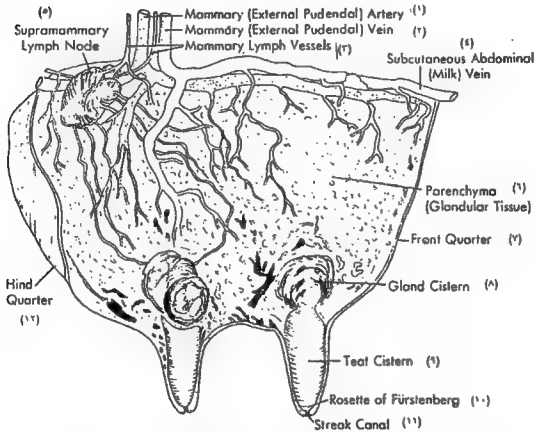
شكل ١٥ - ٦ : رسم يوضح الدورة الدموية فى ضرع الابقار (عن فرانسيسون)
 (١) الأورطى (٢) المحجج الحاجز (٣) الأوعية المعرفية الداخلية (٤) الأوعية الشرجية الداخلية (٥) الأوعية المعرفية الخارجية (٦) الأوعية المعرفية الخارجية (٧) الأوعية الشرجية (٨) الأوعية الشرجية (٩) الأوعية البطنية الخلفية (١٠) الجدار البطنى (١١) الوريد البطنى تحت الجلد (١٢) الوريد الصدرى الداخلى

٥ - النظام الليمفاوى Lymphatic system :

النظام الليمفاوى للضرع يتكون من أوعية ليمفاوية وعقد ليمفاوية Lymph nodes . حيث تحمل الاوعية الليمفاوية سوائل الانسجة من أنسجة الضرع الى العقد الليمفاوية ثم ترجعها للدورة الدموية الوريدية عن طريق الوريد الاجوف الخلفى . الضرع عادة له عقدة ليمفاوية واحدة لكل نصف ضرع تسمى العقدة الليمفاوية فوق الضرع Supramammary lymph node تقع خلف القناة الاربية مباشرة (شكل ١٥ - ٧) : وقد

يحتوى كل من نصفي الضرع على حوالى ٧ عقد صغيرة . وتساعد العقد الليمفاوية فى تخليص اللبف من البكتريا والمواد الغريبة كما أنها تصفى كرات دم بيضاء لمفية Lymphocytes للمائل الليمفاوى .

عندما تتراكم كميات كبيرة من المائل الليمفاوى بين الجلد والانسجة المفترزة للضرع يحدث تورم الضرع Udder Edema والذي غالبا ما يحدث عند الولادة خاصة من العجلات التى نلد لأول مرة .



شكل ١٥ - ٧ : قطاع طولى باللقطة البنية الابقار موضحا النظام الليمفاوى والدموى

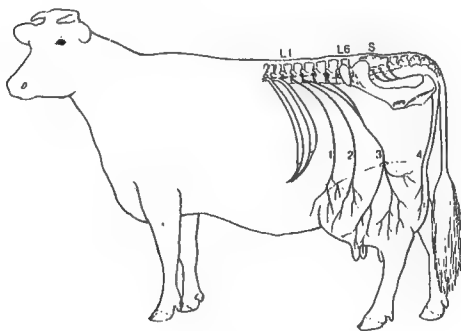
(١) الشريان الدموى الخارجى (٢) فروريد الدموى الخارجى (٣) الأوعية الليمفاوية الخارجى (٤) فروريد البطنى تحت الجلد (٥) القعدة الليمفاوية فوق الضرع (٦) السجج البيرنشمى (الندى) (٧) الربع الأيسرى (٨) تجويف القعدة (٩) تجويف القعدة (١٠) وردة فستبورج (١١) القناة الحبلية (١٢) الربع الحلقى

٦ - التمويل العصبى Nerve Supply :

الضرع جيد التمويل بالأعصاب التى تقوم بدور هام فى عملية مرور الدم واللبف وكذلك فى عملية إفراز اللبن وإخراجه (شكل ١٥ - ٨) ويفذى الضرع نوعين من

الاعصاب الأول حمى (Sensory fibers (Afferent) وهو يتكون من العصب القطنى الأول والثانى 1 st & 2 nd lumbar nerves وتغذى السطح الامامى للضرع . وكذلك فروع العصب القطنى الثانى والثالث والرابع التى تكون العصب الاربى Inguinal nerve الذى يدخل للضرع من القناة الاربية ثم يتفرع لفروع تصل للانسجة الغدية والقنوات والحلمات والعقد الليمفاوية . الاعصاب الشرجية Perineal nerves المنشقة من العصب العصعصى الثانى والثالث والرابع Sacral nerves 2, 3, 4, والتى تدخل مع الشريان والوريد الشرجى تمول الجزء الخلفى للضرع بالاعصاب .

النوع الثانى الاعصاب هو الاعصاب المحركة Motor fibers (Efferent) وهى مقصورة على الاعصاب الاربية وهى تنظم التمويل الدموى للضرع وتمد العضلات الناعمة المحيطة بقنوات جمع اللبن والعضلات القابضة للحلمات . وتنبيه هذه الاعصاب السمبثاوية يسبب انقباض الاوعية الدموية وتثبيط افراز اللبن .



شكل ١٥ - ٨ : التمويل العصبى للضرع .

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| ١ - العصب القطنى الأول | ٢ - العصب القطنى الثانى |
| ٣ - العصب القطنى الاربى | ٤ - العصب القطنى الشرجى |
| ١.١ - الفقرة القطنية الاولى | ١.٤ - الفقرة القطنية السادسة |
| S - العصعص . (عن شميت) | |

إفراز وإخراج اللبن

Secretion and Ejection of Milk

عملية إنتاج اللبن Lactation تشمل عمليتين رئيسيتين أولهما إفراز Milk Secretion وثانيهما انزال اللبن من الضرع Milk ejection . مكونات اللبن تنتج عن طريق مباشر أو غير مباشر من الدم . ورغم أن الضغط الاسموزي يكون متساوياً بين اللبن والدم فإن هناك اختلافات واضحة في تركيبهما . فاللبن يحتوي على تركيز عالي من السكر والبروتاسيوم وتركيز أقل من البروتين والصوديوم والكلوريد وذلك مقارنة بالدم . وكذلك فإن بروتين اللبن معظمه كازين (مع كميات قليلة من الألبومين والجلوبولين) في حين أن الألبومين والجلوبولين تمثل البروتينات الرئيسية في بلازما الدم . كذلك فمن الناحية الكمية فإن معظم لبيدات اللبن عبارة عن الجليسيريدات الثلاثية في حين أن الفسفوليبيدات والكوليسترول تمثل الجزء الرئيسي من لبيدات الدم .

أولاً : تركيب اللبن Milk Composition :

متوسط تركيب اللبن لبعض أنواع الحيوانات موضح بجدول ١٥ - ١ ، ومنه يظهر أن لبن الحيوانات البحرية يحتوي على نسبة عالية من الدهون كما هو الحال في الدلفين Dolphin كما أن الدب القطبي يفرز لبن غني بالدهن . والعديد من أنواع الثدييات سريعة النمو مثل الأرنب والفأر تفرز لبن غني بالبروتينات ولكن العلاقة بين معدل النضج ومستوى البروتين ليست دائماً ثابتة . نسبة اللاكتوز ربما تكون أكثر ثباتاً وتتراوح غالباً بين ٣ - ٧٪ رغم أنها قد تكون منخفضة جداً في بعض الثدييات . لبن حيوان الكنجارو يبدو أنه فريداً في تركيبه حيث انضج أنه يحتوي سكر خماس (Pentose) بدلا من سكر اللاكتوز وكذلك البروتينات وبعض المركبات الأزوتية التي لا تتواجد في لبن الثدييات .

وهناك اختلافات واضحة في تركيب لبن سلات الماشية ، الأمر الذي يرجع لطرق الانتخاب المختلفة . وهناك ارتباط قوي بين نسبة الدهن والمواد الصلبة الأخرى في لبن الإبقار ، غير أن التغير في نسبة الدهن تعتبر ذات أهمية في تغير نسبة الجوامد غير الدهنية . وتحدث زيادة قليلة في نسبة الدهن باللبن بتقدم العمر حتى ثلاث سنوات بعدها يحدث انخفاض قليل لا يزيد عن ٢٪ . ونقص الجوامد غير الدهنية بتقدم العمر يكون تقريباً ضعف النقص في الدهن . ويحدث نقص بسيط في البروتينات الكلية ، ولكن الكازين يقل في حين أن بروتينات الشرش تزيد . ومعظم النقص في الجوامد غير الدهنية

جدول ١٥ - ١ : تركيب لبن بعض الثدييات (%)

النسوع	الدهن	البروتين	اللاكتوز	المعادن
الانسان	٤,٣	١,٤	٦,٩	٠,٢
الدب القطبي	٣٣,١	١٠,٩	٠,٣	١,٤
الجاموس المصرى	٧,٧	٤,٣	٤,٧	٠,٨
الجمال	٤,٢	٣,٥	٤,٨	٠,٧
الماشية :				
Cattle				
الاييرشير	٤,١	٣,٦	٤,٧	٠,٧
الجرنسى	٥,٠	٣,٨	٤,٩	٠,٧
الهولستين	٣,٥	٣,١	٤,٩	٠,٧
الجرسى	٥,٥	٣,٩	٤,٩	٠,٧
الدرفيل	٤١,٥	١٠,٩	١,١	٠,٧
الماعز	٣,٥	٣,١	٤,٦	٠,٨
الكنجارو	٥,٤	٧,٩	٠,٣	١,٧
الارنب	١٢,٢	١٠,٤	١,٨	٢,٠
الفأر	١٣,٠	٩,٧	٣,٢	١,٤
الاعنعام	١٠,٤	٦,٨	٣,٧	٠,٩
Sheep				
Rabbit				
Kangaroo				
Goat				
Dolphin				
Gersey				
Holstein				
Guernsey				
Ayrshire				

يرجع لنقص اللاكتوز بتقدم العمر .

خلال موسم الحليب يتغير تركيب اللبن تبعاً لتغير كمية اللبن المفرزة . فاللبن المفرز بعد الولادة مباشرة والمسمى بالمرسوب Colostram مركز ويحتوى على ضعف المواد الصلبة الموجودة باللبن العادى (جدول ١٥ - ٢) ويتحول تدريجياً إلى اللبن العادى . وخلال الأسابيع الأول بعد الولادة تكون نسبة المواد الصلبة الكلية والدهن والبروتين عالية وتنخفض تدريجياً لتصل لأقل نسبة خلال ٢ - ٣ شهر من الولادة ثم تبدأ فى الزيادة حتى نهاية موسم الحليب . أما اللاكتوز فيكون منخفضاً فى لبن المرسوب ثم يزيد ليصل لأقصى مستوى مع بداية الحليب وخلال الخمسة والأربعين يوماً الأولى ثم يقل تدريجياً بعد ذلك . ويتميز المرسوب باحتواءه على الجاما جلوبيولين وهو نوع من الاجسام المضادة التى تلد بعض أنواع الحيوانات وهى تعانى نقصه مثل الأغنام والماعز ، الماشية ، الخيول والخنازير ولذلك يلزمها المرسوب للحصول على هذه الاجسام المضادة فى حين أن الحيوانات الأخرى تنتقل إليها هذه المادة من الأم خلال الأغذية المشيمية .

وخلال الحلبة الواحدة لوحظ أن نسبة الدهن في اللبن المفرز في نهاية الحليب تكون مرتفعة عن اللبن المفرز في البداية بحوالي ٣ - ٤ مرات . زيادة نسبة الدهن في اللبن الأخير لوحظ أيضا في الانسان والماعز . وسبب هذه الظاهرة غير واضحة رغم أن هناك بعض الآراء التي تعزئها لحدوث ظاهرة الـ creaming (ارتفاع حبيبات الدهن) بداخل الضرع .

جدول ١٥ - ٢ : تركيب لبن المرسوب بعد الولادة (%)

المركب	صفر	١٢	٢٤	٤٨	٧٢
المواد الصلبة الكلية	٢٧,٠	١٤,٥	١٢,٨	١١,٥	١١,٨
الدهن	٥,١	٣,٨	٣,٤	٢,٨	٣,١
البروتين	١٧,٦	٦,٠	٤,٥	٣,٧	٣,٨
اللاكتوز	٢,٢	٣,٧	٤,٠	٤,٠	٤,٧
الرماد	١,٠	٠,٩	٩,٠	٠,٨	٠,٨

الطاقة المستهلكة تعبر من العوامل الهامة المؤثرة على كمية وتركيب اللبن المفرز فزيادة استهلاك الطاقة يزيد مستوى انتاج اللبن . وزيادة مستوى التغذية بحوالي ٢٥ - ٣٥ % عن المعدل المفروض يؤدي لزيادة الجوامد اللاذهنية بحوالي ٠,٢ % أما انخفاضها بحوالي ٢٥ % من المفروض فيقلل نسبة الجوامد اللاذهنية بمقدار ٠,٤ - ٠,٥ % . ويبدو أن هذا التغير يرجع الى تغير المحتوى البروتيني خاصة الكيزين . ومن المرغوب فيه وجود ٣ - ٤ % من مكونات العليقة المركزة دهنا وذلك للمحافظة على الانتاج العالي من اللبن . وعموما لم توجد علاقة بين مستوى دهن العليقة ومستوى دهن اللبن . فنقص دهن العليقة لا يؤثر جوهريا على نسبة الدهن باللبن رغم أنه قد يخفض انتاج اللبن قليلا . أما ارتفاع نسبة الدهن بالعليقة فقد يسبب اضطرابات معوية للحيوان وفقد شهيته وانخفاض انتاج اللبن الذي قد يحتوي على نسبة أعلى من الدهن . ويعتبر البروتين من المكونات الغذائية الضرورية للحيوانات الحلابة . ونقصه بالغذاء يؤدي بالاضرار بصحة الحيوان وانخفاض انتاج اللبن أما زيادة نسبة البروتين بالغذاء فليس لها ضرر فسيولوجي ولكن ترفع تكلفة الانتاج .

ثانياً : افراز اللبن Milk Secretion :

معدل افراز اللبن يعتمد جزئياً على وجود بواقي اللبن في الدم المار بالضرع . وتبلغ كمية الدم المارة بالضرع نحو ٥٠٠ مرة قدر حجم اللبن المفرز من الابقار والماعز ويزيد هذه النسبة في الحيوانات منخفضة الانتاج . محتوى اللبن من الماء والاملاح والفيتامينات يمر من بلازما الدم للبن بدون تخليق . أما الاكتوز فيخلق من الجلوكوز ، الكازين واللبينا لاکتوجلوبولين والالفالاكتوبيرمين فتتخلق من الاحماض الامينية للبالزما في حين أن البيومين السيرم والامينوجلوبيولين فلا تخلق بالضرع ولكن تنقل من تيار الدم . ويخلق الدهن في الحيوانات غير المجتررة من الجلوكوز في حين أنه في الحيوانات المجتررة غالباً ما يكون مصدرة الاحماض الدهنية الطيارة المتكونة بالكرش وجزء بسيط من الجلوكوز .

انتاج الطاقة Energy Production :

كل خلية طلائية تولد الطاقة اللازمة لعمليات التخليق الحادثة بها بواسطة اكسدة المواد الممتصة . ويعتبر الجلوكوز والخلات المصدرين الرئيسيين للطاقة بالغدد اللبنية في الحيوانات المجتررة . ولقد وجد أن الخلات هي مصدر نحو ٢٠ - ٣٠ % والجلوكوز مصدر نحو ٣٠ - ٥٠ % من غاز ثاني اكسيد الكربون (ك ٧) الناتج من الغدة اللبنية . ولذلك فان هناك كمية كافية من الخلات تبقى لتستخدم في تخليق نحو ١٥ - ٤٥ % من دهن اللبن . كذلك فان الجلوكوز المأخوذ بالغدة بعد أن يفي باحتياجات الطاقة تبقى منه كمية كافية لتخليق الاكتوز والجليسرول باللبن . وحوالي ٣٠ % من ثاني اكسيد الكربون الخارج من الغدة اللبنية لم يعرف أن كان مصدرة الجلوكوز أم الخلات . وتعتبر الميتوكوندريا هي الجزء من الخلية الذي يتم فيه اكسدة المواد وانطلاق الطاقة اللازمة لاستخدام الخلية . والجزء الآخر من الطاقة المتحررة يستفاد منه في تكوين روابط غنية بالطاقة في صورة مركب ATP بالخلية يستخدم عند الحاجة اليه لتخليق المركبات التي يلزم لتخليقها طاقة مثل الجليسيريدات الثلاثية والاكتوز والبروتين .

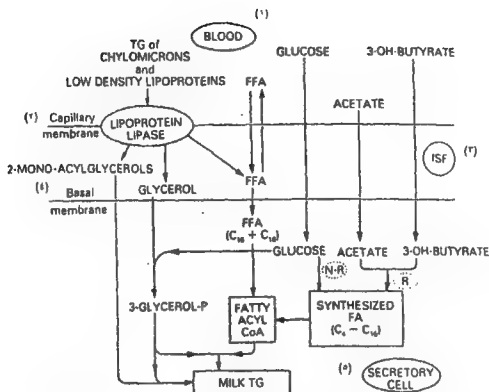
تخليق الدهون Lipid Synthesis :

يعتبر الدهن من أهم مكونات اللبن حيث تبلغ نسبته ٤,٦ % في لبن الانسان ، ٤,٠ % في لبن الماشية وحوالي ٧,٥ % في لبن الجاموس . ومعظم الدهن باللبن عبارة عن جليسيريدات ثلاثية Triglycerides تتكون من الجليسرول والاحماض الدهنية . وهناك بعض الليبيدات الاخرى تبلغ نسبتها نحو ١ % وتشمل الفسفوليبيدات ، الكوليسترول ، الفيتامينات الزائبة بالدهون ، السكوالين Squalene ، الاحماض الدهنية الحرة ،

الجليسريدات الاحادية وبعض المركبات الاخرى . ويوجد دهن اللبن فى صورة حبيبات صغيرة قطرها نحو ٣ - ٤ ميكرومتر وقلبها عبارة الجليريد فى حين أن الغشاء الخارجى يشمل الفسفوليبيدات ، الكوليسترول ، فيتامين أ ، بروتين والعديد من المركبات الأخرى . ويبدو أنه يتكون من الغشاء الخارجى للخلية الطلائية عند افراز الحبيبات من الخلية لتجفيف الحويصلات اللبنية .

يعتبر الجلوكوز والجليسريدات والخلات وحمض البيتا هدرمس بيوترك والأحماض الدهنية الحرة مصادر تخليق دهن اللبن وتستمد من الخلايا الطلائية من الدم . وفى الحيوانات المجترة وجد أن نحو ٣٠٪ من دهن اللبن مصدره الخلات والباقي مصدره الأحماض الدهنية بلازما الدم ، أما فى الحيوانات غير المجترة فإن معظم دهن اللبن مصدره اساسا الجليسريدات الثلاثية ثم الجلوكوز الموجودين بالدم (شكل ١٥ - ٩) . وعليه فليقترب أن دهن لبن الحيوانات آكلة العشب خاصة المجترات يحتوى نسبة عالية من الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة والتي يتراوح عدد ذراتها الكربونية بين ٤ - ١٤ ذرة . أما لبن الحيوانات غير العشبية فيحتوى القليل من احماض البيوترك ، الكابريك والكابريك ويحتوى على نسبة أعلى من الأحماض غير المشبعة . ويبدو أن الأحماض الدهنية من البيوترك الى البالمتيك (من ٤ الى ١٤ ذرة كربون) تخلق غالبا فى الغدة اللبنية بدءاً من الخلات أو البيتا هدرمس بيوترات بواسطة عملية تكتيف مستمرة لوحدة الاستيل كوازييم $Acetyl/Co.A$ لتكوين الأحماض الأطول . وجزء من حامض البالمتيك وكل الأحماض ذات الثمانية عشر ذرة كربون تستمد من مصادر أخرى خلاف عملية التخليق بالغدة ، رغم أن حمض الاستياريك (١٨ ذرة كربون) يمكن أن يتحول لحامض غير مشبع مثل الأوليك فى خلايا الحويصلات . ولقد اتضح من الدراسات المعملية أن شرائح الغدة اللبنية للحيوانات غير المجترة تستطيع استخدام الجلوكوز كمصدر للطاقة وكذلك كمصدر للكربون الداخلى فى تخليق الدهون فى حين أن شرائح الغدة اللبنية للمجترات لا تستطيع توفير الوحدات ثنائية الكربون من الجلوكوز لتخليق الأحماض الدهنية . كذلك فإنه فى الحيوانات غير المجترة يبدو أن الجلوكوز هو المساهم الأول فى كمية الوحدات ثنائية الكربون والداخلية فى تخليق الأحماض المحتوية على ١٦ ذرة كربون أو أقل . الجليسرول هو المكون الاخر للجليسريدات الثلاثية ومصدره غالبا الجلوكوز (نحو ٧٠٪) ونسبة بسيطة منه مصدرها جليسرول الدم .

حمض الخليك هو الحامض المساند فى كرش المجترات حيث يمثل نحو ٦٠ - ٧٠٪ من كميتها . وفى بعض الظروف تتغير هذه النسبة تماماً . فعند تغذية الإبقار على غذاء يحتوى على المواد المركزة بقدر اكبر من المواد المائلة فإن نسبة الخلات تقل وتزيد

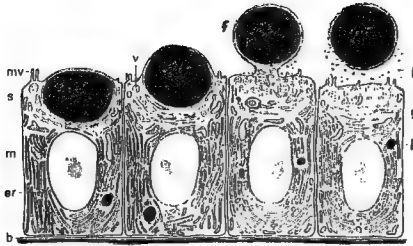


شكل ١٥ - ٩ : تخليق دهن اللبن . NR و R تشير الى حدوث هذه العملية في الحيوانات غير المجتررة والمجتررة على الترتيب . (٥ عن ميلام)

(١) الدم (٢) غشاء شعيرات الدم (٣) السائل خارج الخلايا (٤) الغشاء القاعى (٥) الخلايا الإفرازية

البريونات وهو ما يرجع غالباً لزيادة كمية البريونات الكلية . وفى الأبقار الحلابة (والماعز) فإن هذا التغير فى أحماض الكرش يسبب انخفاض كبير لنسبة الدهن باللبن والذي لا يعزى فقط الى الكمية النسبية من الاحماض الدهنية المتوفرة للميتابولزم ولكن أيضاً لنقص نشاط بعض الانزيمات فى انسجة الضرع (مثل الانزيم المخلق للاحماض الدهنية Fatty acid Synthesase) . ومع نقص قدرة الغدة اللبنية على تخليق دهن اللبن ، فإن تخليق الدهن بالانسجة يزيد ويسمن الحيوان .

وتفرز حبيبات الدهن باللبن بعد أن تتكون داخل الشبكة الاندوبلازمية بالجزء القاعى من الخلية ثم تتجه للجزء العلوى ناحية تجويف الحويصلة حيث يتم تركيزها . تضغط حبيبات الدهن على الخملات Microvilli الموجود على سطح الخلية حيث تبرز فى تجويف الحويصلة . ومع استمرار ضغط الحبيبات فى اتجاه تجويف الحويصلة فإن غشاء الخلية يصبح محيطاً بحبيبة الدهن ويتكون عنق صغير يضيق تدريجياً حتى تنفصل حبيبة الدهن فى تجويف الحويصلة مع بقاء غشاء الخلية سليم (شكل ١٥ - ١٠) .



شكل ١٥ - ١٠ : الخلايا حبيبات الدهن : (mv - خلايا دهنية ، جزء ظاهري ، m - ميتوكوندريا ، er - شبكة اندوبلازمية ، b - غشاء قاعدي ، f - حبيبة دهن ، v - تجويف ، f - حبيبة بروتين و g - جهاز جولجي) (عن شميت)

تخليق البروتين Protein Synthesis :

تبلغ نسبة البروتين الكلي باللبن الانساني ١,٣ وفي الابقار ٣,٥ والجاموس ٤,٤ ٪ ، ويتكون بروتين اللبن من عدة بروتينات أهمها الكازين ، بيتا لاكتوجلوبولين ، الفالكتو البيومين وهي تمثل نحو ٩٠ - ٩٥ ٪ من بروتينات اللبن . الجزء الباقي عبارة عن أمينو جلوبيولين ، سيرم البيومين وبرتوز . والمكونات البروتينية باللبن تختلف جوهريا من نوع لآخر فمثلا لبن الانسان يحتوى تركيزاً أقل من الكازين وتركيزاً أعلى نسبياً من البروتينات غير الكازينية مقارنة بلبن الابقار . وبوإدء تخليق بروتينات اللبن هي الاحماض الأمينية الحرة والببتيدات وبروتينات البلازما . ويعتقد بأن بروتينات اللبن التي تتخلق بخلايا الغدة من الاحماض الأمينية الموجودة بالدم تشمل α , B , K - كازين ، الفالكتو البيومين والبيتا جلوبيولين . في حين أن γ - كازين ، البيومين سيرم الدم والامينوجلوبيولين فتنقل من الدم مباشرة الى اللبن . وتركيب الاحماض الأمينية في الامينوجلوبيولين الموجود بالمرسوب يختلف عن أمينوجلوبيولين الدم وأن الجزء الأكبر من أمينوجلوبيولين المرسوب ربما يتخلق بالغدة اللبنية من الاحماض الأمينية المستمدة من الدم .

تخليق بروتينات اللبن يبدو أنه مشابه لما يحدث في خلايا الجسم الاخرى ويتضمن فعل الـ DNA ، RNA . ولقد أمكن تخليق بروتينات اللبن في نظام خالي من الخلايا

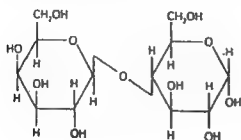
اعتماداً على مكونات معزولة من انسجة ضرع الأبقار . والتخليق يعتمد على وجود الميكروسومات ومصدر طاقة . وإضافة tRNA ومستحضر انزيم Aminoacyl-tRNA transferase . وثبات نسبة البروتين باللبن توحي بوجود تنظيم لعملية تخليقية ربما تشمل نظام مورد رجعي مبالغ Negative feedback أو يتم التثبيط بواسطة عملية ردع Repression توقف عملية التخليق عند حد معين .

هناك بروتينات عديدة أخرى توجد باللبن بشكل ثانوي مثل الانزيمات وتركيزاتها ضئيلة . وكذلك توجد بعض المواد الأزوتية غير البروتينية مثل اليوريا ، الكرياتين ، الكرياتينين ، حمض اليوريك ، الأمونيا . بعض هذه المركبات تعتبر نواتج من الدم والبعض الآخر بقايا أو نواتج تحويل تتكون في الخلايا الطلائية .

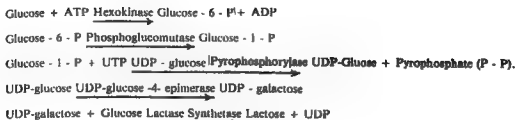
ويفرز البروتين لداخل الحويصلة بطريقة تشبه إفراز الدهن حيث يظهر بروتين اللبن على شكل حبيبات صغيرة داخل تجاويف أجهزة جولجي تتجه لقمة الخلية حيث تلحم بالغشاء الخلوي الذي يتميز في هذه المنطقة وتنقل حبيبات البروتين لفراغ الحويصلة .

تخليق اللاكتوز Lactose Synthesis :

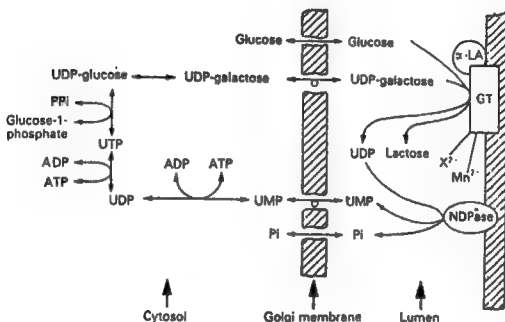
يعتبر سكر اللاكتوز Lactose هو المكون الكربوهيدراتي الاساسي باللبن وتبلغ نسبته في لبن الانسان ٦,٩٤% ، الأبقار ٤,٦% والجاموس ٤,٨% . ويتم تخليق اللاكتوز من اتحاد سكرين سداسين هما الجلوكوز والجالكتوز بواسطة رابطة بيتا بين زرتي الكربون رقم ٤ في الجلوكوز ورقم ١ في الجالكتوز (١٥ - ١١) . ويعتبر جلوكوز الدم هو المصدر الرئيسي للجلوكوز والجالكتوز المكونين لللاكتوز باللبن (شكل ١٥ - ١٢) . وأيضاً يستخدم حمض البريبونيك Propionic acid في تخليق اللاكتوز (وذلك بعد تحويله لجلوكوز) . ويوجد اللاكتوز بكمية محسومة فقط بالغدة اللبنية ، ولكن قد يظهر بتركيزات قليلة في الدم والبول خلال فترة الحليب . ومن جهة أخرى فإن الجالكتوز قد يوجد في بعض المركبات الأخرى خلاف اللاكتوز مثل الجالكتوبروتينات والجالكتوليدات . وتخليق الجالكتوز لا يحدث فقط في خلايا الغدة اللبنية ولكن كذلك في بعض الأنسجة الأخرى .



شكل ١٥ - ١١ تركيب جزائي سكر اللاكتوز



شكل ١٥ - ١٧ : خطوات تخليق سكر اللاكتوز



شكل ١٥ - ١٧ : توبة البوليدين النووي خلال تخليق اللاكتوز . المسهم ذو الاتجاهين يشير لتفاعل عكسي أو للحركة خلال الأغشية (←) أو بعامل (→) . GT . جلاكتوسيل ترانسفيراز . LA - لاكترايبوميون ، NDP-ase . انزيم . نيكليوسيد داي فوسفاتاز ، ٥' - منشط كاتيونى غير معروف . (عن ميلام)

ونظراً لأن عملية التخمر الطبيعية بالكروث تحول الجزء الرئيسي من الكربوهيدرات الى أحماض دهنية طيارة ، فإنه يعتقد بأن هذه الأحماض وخاصة البريونيك تكون أكثر أهمية كبداءى للاكتوز في المجترات عن غير المجترات . والدراسة باستخدام المركبات

التي تحتوى على كربون معلم (ك ') أوضحت بأن هناك تفضيل للاستخدام البريونات في تخليق الاكتوز كما يستخدم حمض الخليك في تخليق دهن اللبن . ومن جهة أخرى فان ذرات كربون البيوترات غالبا ما تتوزع بين الاكتوز ، الكازين والدهن . وأحد المكونات التي تتخلق بالعدة اللبنية - الألفا لاكتواليومين - ثبت أنه جزء من المعقد الانزيمى المخلق للاكتوز Lactose synthetase complex ولذلك فان هذا المركب يعتقد بأن له دور بخلاف وجوده كجزء من مكونات اللبن . ومن المحتمل بأن بعض بروتينات اللبن الأخرى قد تنخرط في هذا المملك . وباكتمال تكوين الاكتوز يمر لتجوير الحويصلات اللبنية بطريقة تشبه مرور البروتين الذى قد يصاحبه اثناء مروره .

افراز المعادن Mineral Secretion :

يحتوى اللبن على عدد كبير من المعادن تختلف فى نسبة وجودها على حسب الحيوان وحالته . وفى الماشية يبلغ متوسط تركيزها باللبن كالآتى : الكالسيوم (١٢ ٪) ، الفسفور (١٠ ٪) ، الصوديوم (٠٥ ٪) ، البوتاسيوم (١٥ ٪) ، الكلور (١١ ٪) . وكمية المغنسيوم والكبريت تبلغ تقريبا ١٢٠ ، ٣٠٠ جزء / مليون ، على الترتيب . بالإضافة لذلك توجد كميات بسيطة تقل عن جزء / مليون من العناصر الأثرية التالية الالمنيوم ، البورون ، الكوبلت ، النحاس ، الفلورين ، الايودين ، الحديد ، المنجنيز ، الموليبدنم ، السليكون ، الفضة ، الاسترانسيوم والزنك .

وتفرز المعادن من الخلايا الطلائية لحويصلات اللبن بطريقة الترشيح ، غير أن ثبات نسبة المعادن باللبن يوحى بوجود نظام يحكم مرور المعادن من الدم اللبن . هذا النظام قد يكون مشابها لمضخة الصوديوم - البوتاسيوم التى تحكم تركيزهما بالسوائل الخلوية .

افراز الفيتامينات Vitamins Secretion :

يحتوى اللبن على معظم الفيتامينات المعروفة ، ولكن بعضها يوجد بكميات كبيرة والبعض يوجد بنسب قليلة وممتوى وجود معظمها يعتمد على الاختلافات بين وداخل الأنواع . والكائنات الحية الدقيقة بالكرش تخلق مجموعة فيتامينات « ب » ولذلك فان كمية هذه الفيتامينات فى لبن المجترات أقل اعتماداً على الغذاء عما فى حالة الحيوانات غير المجتررة . فيتامين ك « K » لا يخلق فقط فى الكرش ولكن أيضاً فى أمعاء معظم الحيوانات . وعليه فان محتوى اللبن من هذا الفيتامين قليل ولا يتأثر كثيراً بمستواه بالغذاء . فيتامينات أ ، د ، هـ (A, D and E) لا تخلق بالكرش ولذلك فان مستواها باللبن

يعكس كميتها بالغذاء . وهذا حقيقى بالنسبة لفيتامين أ وبانوه (الكاروتين) . فيتامين د الذى يوجد طبيعياً باللبن بكميات بسيطة لا يمكن زيادته كثيراً ماعدا فى حالة تغذيته بكميات كبيرة . أعطاء حمض الاسكوربيك من مصادر خارجية غير ضرورى لمعظم الثدييات فكمية هذا الفيتامين باللبن لا تتأثر كثيراً بالغذاء .

الكميات النسبية من الكاروتينات وفيتامين أ فى اللبن تعكس كمية هذه المكونات بالدم . فبعض الأنواع مثل الأغنام والماعز والخنازير تحول الكاروتينات الى فيتامين أ بحيث أن تركيز الكاروتينات فى لبنها يكون قليل جداً . ومن جهة أخرى فإن لبن الماشية يحتوى كمية معقولة من الكاروتينات ، رغم اختلاف سلالات الماشية فى هذا الصدد . فالفريزيان مثلاً ذو قدرة عالية فى تحويل الكاروتين لفيتامين أ ، ولذلك فإن لبنه يحتوى كمية ضئيلة من الكاروتين مقارنة بالجرسى .

افراز الهرمونات : Secretion of Hormones

الغدة اللبنية بجانب أنها هدفا للعديد من الهرمونات ، فإنها تعتبر غدة صماء . حيث أنها خلال مرحلة الحمل تخلق البروجسترون والاستراديول والبروستاجلاندين $P_{2\alpha}$. افراز الغدة من البروجسترون والبروستاجلاندين ليس له أثر فى زيادة مستوياته بالدم ، ولكن الاستراديول المفرز خلال نهاية الحمل يكون مسئولاً عن زيادة مستواه بالدم خلال تلك الفترة . ويؤكد دور الغدة اللبنية كغدة صماء أن ازالة الغدة من الماعز يؤدى إلى (١) قصر طول دورة الشباع ، (٢) يطيل فترة ظهور سلوك الشباع ، (٣) ربما يقصر طول فترة الحمل .

افراز المواد الأخرى : Secretion of other compounds

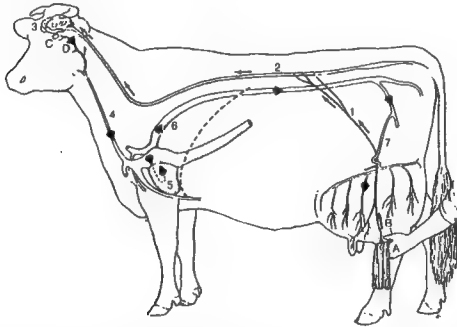
العقاقير تمر من الدم للبن بشكل عابر كما فى حالة مرور الايثير والكلورفورم . المضادات الحيوية تمر ايضا للبن وكذلك الحالة مع الكحول الذى يمر للبن ولكن بكمية بسيطة . مرور بعض هذه المواد للبن خاصة خلال فترات علاج الحيوانات قد يسبب مشاكل فى تصنيع اللبن حيث يؤدى مرور المضادات الحيوية لتأخير عملية تجبن اللبن بواسطة البكتريا المنتجة للحمض .

ولقد ثبتت أن عديد من المواد التى تلوث الغذاء عرضيا تسبب ظهور الروائح النفاذة والغير مرغوبة باللبن . ولقد اتضح أن عديداً من المواد الطيارة المسببة للروائح النفاذة تكتشف بسرعة فى لبن الأبقار عند اعطائها عن طريق الرثة عما لو أعطيت بواسطة

القناة الهضمية . جزء كبير من غازات التجشؤ تمتص قبل عملية طردها ، وذلك يسهل امتصاص المواد الطيارة التي تسبب الروائح النفاذه .

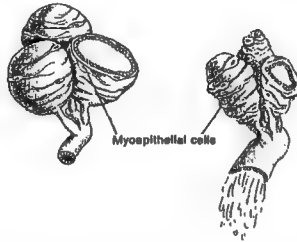
ثالثا : انزال اللبن Milk ejection :

أظهرت الدراسات العديد أن غالبية اللبن الذي يتم الحصول عليه عند كل حلبه يكون موجودا ومفزرا قبل بدأ عملية اخراج اللبن . فمع استمرار عملية افراز اللبن تمتلاء تجاويف الحويصلات اللبنية ويزيد الضغط بداخلها مما يجعل بعض اللبن يمر خلال القنوات وأحيانا يصل للمخازن Cisterns . اللبن الموجود فى القنوات الكبيرة والمخازن يسهل اخراجه ولكن اللبن الموجود داخل الحويصلات والقنوات الصغيرة فيحتاج لبعض القوة الطاردة لاخراجه وذلك لوجود اختناقات عند نقط تفرع القنوات . هذه العملية تتضمن تكامل الجهازين العصبى والهرمونى من خلال انعكاس هرمون عصبى Neurohormonal reflex (شكل ١٥ - ١٤) . مع بدأ عملية الرضاعة أو الحليب يحدث تنبيه للنهايات العصبية الموجودة بالحلمات أو غيرها من أعضاء الحس (الرؤية -



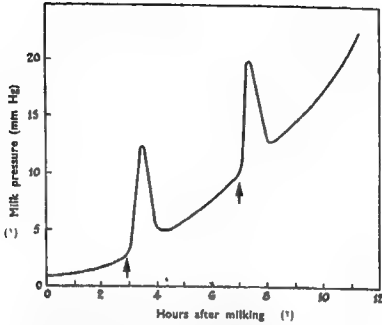
شكل (١٥ - ١٤) : الانعكاس العصبى الهرمونى لانزال اللبن . فالتنبيه العصبى (A) يؤدى لحدوث إثارة عصبية (B) تنتقل خلال العصب الاربى (1) للحبل الشوكى (2) والمخ (3) . يفرز المخ الاكسيتوسين (D) من النخامية الخلفية (C) . ينتقل الهرمون خلال الوريد الودجى (4) والقلب (5) الذى يدفعه خلال الاورطى (6) ليدخل للضرع خلال الشريان العورى الخارجى (7) مؤديا لانقباض الخلايا الطلائية العضلية التى تعصر الحويصلات اللبنية وتطرد منها اللبن . (عن شميت) .

(السمع ...) وتكوين اشارات حسية تنتقل لتحت المهاد حيث يتم تخليق وتحرر هرمون الاكسيتوسين Oxytocin الذى ينتقل للنخامية الخلفية حيث تفرزه بالدم . ينتقل الهرمون للغدة اللبنية حيث يعمل على انقباض الخلايا الطلائية العضلية Myoepithelial cells المغلفة للحويصلات التى تتعصر وتفرغ محتوياتها مما يرفع الضغط داخل الغدة الذى يكون أصلا مرتفعا نتيجة امتلاء الحويصلات والقنوات والمخازن باللبن (شكل ١٥ - ١٥ ، ١٦) . فاذا ما أنتظم سحب اللبن من مخزن الضرع للخارج فان ذلك يعمل على دفع اللبن من الحويصلات والقنوات لمخزن الغدة ثم مخزن الحلمة الى خارج الضرع .



كل ١٥ - ١٥ : انزال اللبن من حويصلات الضرع عند انقباض الخلايا الطلائية العضلية. (عن شميت) .

رغم أنه من المعروف أن الضغط داخل الضرع فى ماشية اللبن قبل الحليب يتراوح فى المتوسط حول ٤٠ مم زئبق فان الباحثين ويتزل وماكدونال Wiltzi & Mcdonal 1964 قدرا ان هذا الضغط يتراوح بين صفر - ٨ مم زئبق وأن غسيل الضرع ينبه نزول اللبن فى خلال ٢٠ - ٩٠ ثانية وينجم عنه زيادة واضحة فى الضغط داخل الضرع الى نحو ٣٥ - ٥٥ مم زئبق . ولقد وجد بعض الباحث الآخرين أن الضغط بعد عملية التنبيه يتراوح من ٢٨ - ٤٥ مم زئبق . زيادة الضغط الحادثة عند تنبيه نزول اللبن تقل تدريجيا ببطء حتى ولم يزال اللبن من الغدة (شكل ١٥ - ١٦) . واذا ما أزعج الحيوان أو أثير بعد انزال اللبن فان الضغط الداخلى للغدة اللبنية ينخفض مباشرة مما ينجم عنه استحالة تفرغ الضرع من اللبن . ويحدث انخفاض الضغط داخل الضرع نتيجة لانفراز هرمون الابنفرين Epinephrine من نخاع الغدة الجاركلوية ويستمر افرازه الى أن يهدأ الحيوان .



شكل ١٥ - ١٦ : منحنى ضغط اللبن داخل شراع الابلار فى الفترة بين حلبتين
السهم يشير لحدوث تنبيه الحليب دون إزالة للين . (عن فرانسون) .

(١) ضغط اللبن بالشراع (٢) ساعات بعد الحلب

الكمية المفروزة من الاكسيتوسين بالدم تعتمد على مدة ودرجة تنبيه الحلب أو الرضاعة ولا تعتمد على كمية اللبن الموجود بالغدة اللبنية . أما الكمية الموجودة بالدم فتعتمد على الوقت المنقضى بعد وقت التنبيه حيث تقل بمرور الوقت . ويزاح الاكسيتوسين بسرعة من الدم حيث أن نصف عمره فى الابلار والماعز حوالى ١ - ١,٥ دقيقة وقد يزيد عن ذلك فى الارانب (٣,٥ دقيقة) والقطط (٨,٥ دقيقة) . ولذلك فلكى يتم اخراج اللبن كله فان عملية الحلب يجب أن تتم بسرعة بمجرد حدوث انعكاس افراز اللبن .

ويبدو أنه من المنطقي أن الكمية القصوى من اللبن يحصل عليها من البقرة الحلوب عند حلبها على فترات متساوية (١٢ ساعة عند الحلابة مرتين يوميا أو ٨ ساعات عند الحلابة ثلاث مرات يوميا) . النقص الناتج عن الحلابة على فترات غير متساوية قد يكون أقل كثيرا عن المتوقع . ففي الابلار التى تنتج ١٣ ألف رطل لبن معدل (٥٨٨٩ كجم) لكل سنة وجد أن استعمال فترات ١٤ ، ١٠ ساعات يقلل كمية اللبن الناتجة بحوالى ٣٪ فقط عما لو حلبت كل ١٢ ساعة . والأكثر من ذلك أن النقص الحادث عند تغير الفترة بين كل حلبتين إلى ١٦ ، ٨ ساعات يكون تقريبا ١,٦٪ فقط . ولم تلاحظ تغيرات كبيرة فى محتوى اللبن من الدهن والجوامد الصلبة الكلية . كما أنه لم تظهر أعراض

مرضية ضارة على الضرع أو حالة كيتوزيس Ketosis عند عدم تساوى فترات الحليب .

حقن الاكستوسين للابقار وازالة اللبن المتبقى Residual Milk من الضرع يؤثر على تركيب اللبن الناتج فى عدة حلقات تالية ، الأمر الذى ربما يرجع الى التأثير على نفاذية الخلايا الطلائية للغدة . ويقل محتوى اللاكتوز فى حين أن تركيز الصوديوم والكلوريد وبروتينات الشرش يزيد .

الابقار التى تحلب باستمرار خلال الحمل فان انتاج اللبن يقل حتى ٣ أسابيع أو أقل قبل الولادة وبعد ذلك يزيد تدريجياً . الزيادة الواضحة فى البروتينات عند نهاية الحمل فى الابقار التى تحلب باستمرار يشير الى أن بروتين المرموب يفرز قبل عدة أيام من الولادة . فى هذه الابقار فان محتوى الاكتوز بالمرموب يكون أقل قليلاً عن ذلك الموجود فى الابقار التى يوقف حلبها قبل الولادة بعده اسابيع . الحلب المستمر خلال الحمل يقلل انتاج اللبن فى موسم الحليب التالى الامر الذى يعزى غالباً للتأثير الحادث داخل الضرع أكثر عن ذلك الحادث للحيوان عموماً ، حيث أن هذا الانخفاض لوحظ عند إعطاء نصف الضرع فترة جفاف فى حين أن النصف الآخر حلب باستمرار .

الامتناع المؤقت عن حلب ربيعين من ضرع الابقار لمدة أسبوعين لا يسبب الاضمحلال الكامل للغدة . عند استئناف الحليب ، فان محتوى اللبن من الصوديوم والكلوريد يرتفع فى حين أن محتواه من الاكتوز والبوتاسيوم يقل . ويرتفع انتاج اللبن تدريجياً لمستواه الطبيعى خلال فترة ٨ أسابيع .

ويتم اخراج اللبن Milk removal من الضرع بعده طرق أهمها الرضاعة Suckling أو الحليب Milking . ضغط اللبن الموجود بالضرع قبل الحليب أو الرضاعة اكبر من الضغط الجوى خارج الضرع ولكن اللبن لا يخرج من الضرع نظراً لوجود العضلات الدائرية المحيطة بقناة الحلمة وتلك الموجودة بين خزانى الحلمة والغدة . وعند الرضاعة أو الحليب تستخدم عدة طرق للتغلب على قوة هذه العضلات التى تمنع نزول اللبن وهى :

١ - الرضاعة Suckling : وفيها يقوم الننتاج الصغير بخفض الضغط أى عمل تفريغ فى الفم بمساعدة اللسان . وبالتالي يزيد الفرق فى الضغط بين داخل وخارج الضرع فينزل اللبن فى الفم .

٢ - الحليب Milking : ويتم بطريقتين يدوية وآلية :

(أ) الحليب اليدوى Hand Milking وهو يتم بواسطة القبض على حلمة الحيوان

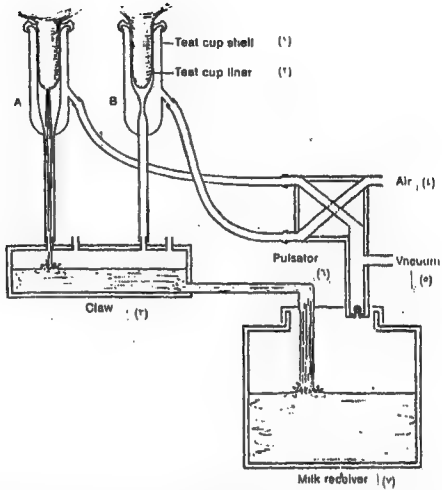
باليد اليسرى أو اليمنى ثم يفلق أعلى تجويف الحلمة ويضغط على بقية تجويف الحلمة لطرد اللبن من خلال فتحتها . بعد ذلك يرفع الضغط من على الحلمة فينزل اللبن من تجويف الغدة الى تجويف الحلمة حيث تكرر العملية حتى نهاية الحليب . وهذه الطريقة الأكثر انتشاراً في مصر .

(ب) الحليب الآلى Machine milking : وهو يعتمد على أحداث تفريغ حول وأسفل الحلمة بداخل كاوتش أكواب Teat cup liner ويكون نتيجة ذلك خروج اللبن من مخازن الحلمة والغدة حيث يتم تجميعه فى أقساط أو بواسطة أنابيب . عند زوال التفريغ ترجع كاوتش الأكواب الى حالتها الطبيعية محدثة تدليكا للحلمة وبالتالي مرور الدم بها . وتكرر هذه العملية بواسطة نابض Pulsator حتى نهاية الحليب (شكل ١٥ - ١٧) . وعادة ما تستغرق فترة الحليب نحو ٣ - ٤ دقائق وقد تطول عن ذلك فى حالة الإبقار عالية الإنتاج أو تلك التى فيها مرعة الحليب بطيئة .

وهناك عدة عوامل ميكانيكية تؤثر على سرعة الحليب وكفاءته وهى تشمل مستوى التفريغ Vacuum level ، معدل ونسبة النبض Pulsation rate and ratio ومواصفات أكواب الحلمات Teat cup . ومستوى التفريغ المستعمل عادة مع الإبقار يبلغ نحو ١٥ بوصة زئبق (٣٥ سم زئبق) ويزيد عن ذلك مع الجاموس ليصل ١٨ - ٢٠ بوصة زئبق (٤٠ - ٤٥ سم زئبق) وذلك للتغلب على صعوبة حلب الجاموس . زيادة التفريغ تؤدي لزيادة سرعة الحليب وبالتالي انخفاض الوقت المستغرق فى عملية الحلب ولكن هذا يعارضه زيادة حدوث حالات التهاب الضرع Mastitis .

المقصود بمعدل النبض Pulsation rate هو عدد دورات التفريغ والضغط الجوى فى الدقيقة فى حين نسبة النبض Pulsation ratio يقصد بها مقدار وقت التفريغ الى وقت الضغط الجوى العادى داخل دورة النبض الواحدة . وعادة ما تضبط ماكينات الحليب على معدل نبض ٤٠ - ٦٠ / دقيقة ونسبة نبض ٥٠:٥٠ . زيادة أى من العاملين يزيد من سرعة الحليب وخاصة فى الماكينات ذات التفريغ القليل .

أما بالنسبة لأكواب الحلمات فقد تصنع الأكواب الخارجية Teat cup shell من البلاستيك أو المعدن حسب الشركة المنتجة وعند صنعها من البلاستيك غالبا ما يكون وزن مجمع أكواب الحلمات Claw أثقل . كما أن كاوتش



شكل ١٥ - ١٧ : ماكينة الحليب . اللبن يخرج من الحلمة بواسطة التفريغ عندما يكون الكاوتش مفتوح (A) . ويتحرك اللبن من خلال جميع الأكواب Claw المستعمل . وعندما يحدث الانقباض انقباض لكاوتش الأكواب (B) فإن لزول اللبن يتوقف . (عن شميت)

(١) الجدار الخارجى للكب (٢) الجدار الداخلى للكب (٣) للمجموع (٤) هواء (٥) تفريغ (٦) نابض (٧) مستعمل اللبن

أكواب الحلمة Teat cup liner قد تختلف سعة فتحة بين ٢٠ - ٢٦ مم وغالباً ما تستعمل السماعات الكبيرة مع الحيوانات ذات الحلمة ذات الاقطار الواسعة مثل الجاموس . وعموماً فإن أكواب الحلمة تؤثر على سرعة الحليب وحالة الضرع . وعليه فالحصول على أعلى كفاءة فى تشغيل ماكينة الحليب يجب ضبط هذه العوامل السابقة حتى يمكن الحصول على أكبر قدر ممكن من اللبن وفى وقت قصير وبدون أحداث ضرر للحيوانات حتى يتحقق أكبر عائد ممكن من استخدام الات الحليب .

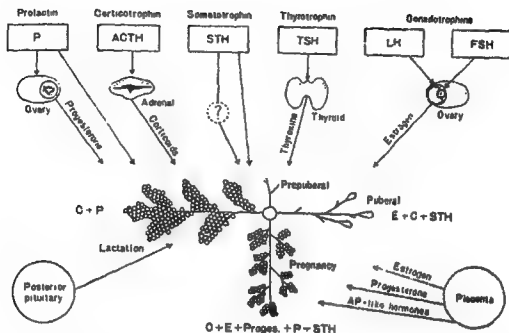
التنظيم الهرموني العصبي لإنتاج اللبن Hormonal and Neural Control of Lactation

تعتبر عملية إدرار اللبن من العمليات الفسيولوجية فهي جزء من عملية التكاثر بالتدبيبات ويتضح فيها مدى تأثر الأجهزة المنظمة بالجسم ، حيث يتكامل الجهازين العصبي والهرموني في جميع مراحل عملية إنتاج اللبن بدأ من نمو الغدة Mammogenesis ، وبدأ إفراز اللين lactogenesis واستمرار إفراز اللين-Galacto poiesis . وبعدها يخرج اللبن من الحويصلات عبر قنوات اللين عند الحليب أو الرضاعة . هذه العمليات تخضع بدرجات مختلفة لسيطرة الهرمونات والأعصاب .

أولاً : التنظيم الهرموني : Hormonal Control

إفرازات الغدد الصماء (الهرمونات) شديدة الارتباط بنمو الغدة اللبنية . فهرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية Pituitary gland التي ترتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بنمو الغدة وإفراز اللبن تشمل الهرمون منبه الغدة الدرقية TSH ، هرمون النمو GH ، الهرمون منبه قشرة الأدرينال ACTH ، الهرمون منبه تكوين الحويصلات المبيضية FSH ، هرمون التبويض LH وهرمون البرولاكتين Pri . ويخضع إفراز هذه الهرمونات لسيطرة منطقة تحت المهاد بالدماغ . حيث يفرز تحت المهاد-هرمونات عصبية تعمل مباشرة على النخامية الأمامية لتشجيع أو تثبيط إفراز هذه الهرمونات . ويشارك هرمونات الثيروكسين ، هرمون النمو والكورتيكوستيرويدات في النمو العام للغدة اللبنية وتطورها (شكل ١٥ - ١٨) .

عند النضج الجنسي يظهر تأثير الهرمونات المشجعة للمبيض Gonadotrophins فتحت تأثير الـ FSH تنمو الحويصلات المبيضية التي تفرز الاستروجين Estrogen . ويقوم هرمون التبويض LH بالتعاون مع الـ FSH بتسهيل عملية التبويض وتكوين الجسم الأصفر الذي يفرز البروجستيرون Progesterone . وبصفة عامة فإن الاستروجين لوحده يحدث نمو القنوات اللبنية في حين أن البروجستيرون يحدث نمو النظام الفصيصي الحويصلي . غير أن هناك بعض الاختلافات النوعية . ففي القطط والفئران والأرانب السليمة تؤدي الجرعات المتوسطة من الاستروجين لحدوث النمو القوي ، ولكن في خنازير غينيا والقردة السليمة فهذا الهرمون يحدث أيضا النمو الفصيصي الحويصلي . وفي الماعز يسبب الاستروجين نموا غير طبيعيا للغدة وإفراز لبعض اللبن . ونفس الشيء يحدث تقريبا في الفصيلة البقرية حيث أن الاستروجين لوحده في هذه الأنواع يظهر معه



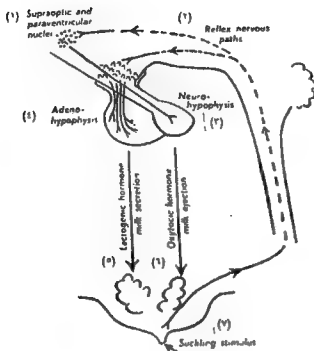
شكل ١٥ - ١٨ : رسم توضيحي يظهر فعل الهرمونات المختلفة في نمو الغدة اللبئية وإفراز اللبن . من أعلى الغدة اللبئية الأولية ، من الجهة اليمنى الغدة اللبئية قبل بدأ ونشأة البلوغ ، من أسفل الغدة اللبئية قبل بدأ النشاط خلال الحمل ومن الجهة اليسرى الغدة المفرزة للبن بعد الولادة . (من جانولج)

حويصلات كبيرة . أما في الكلاب فالاستروجين لوحده لا يسبب تطور القنوات . ولإكمال تطور الغدة اللبئية في مختلف الأنواع يلزم توافر الاستروجين والبروجستيرون وكذلك هرمونات الغدة النخامية . للنسبة بين الاستروجين والبروجستيرون هامة وتختلف حسب النوع ، ولكن عادة ما يلزم زيادة البروجستيرون عن الاستروجين . ولقد لوحظ أن الاستروجين والبروجستيرون لا تحدث تطوراً للغدة اللبئية في الحيوانات منزوعة النخامية ، حيث يبدو أن هرموني النمو والبرولاكتين لازميين لهذه العملية . وهناك تعاون بين هرمونات النخامية (خاصة هرموني النمو والبرولاكتين) وهرمونات المبيض . وتعمل المشيمة Placenta كمصدر للاستروجين والبروجستيرون في بعض الأنواع كما أنها تفرز هرمونات مشابهة لهرمونات النخامية .

البرولاكتين والهرمون منه قشرة الأدرينال ACTH (الذي يعمل من خلال الأدرينال) لازميين لبده واستمرار إفراز اللبن . ويبدو أن هناك زيادة واضحة في

محتوى الغدة النخامية من هرمون البرولاكتين تحدث قبل الولادة مباشرة . ولقد افترض أن هذه الزيادة مرتبطة بالكمية النسبية من هرموني الاستروجين والبروجسترون بالدم . ولقد لوحظ حدوث زيادة فى نشاط الهرمون منبه قشرة الادرينال ACTH عند الولادة . ومعاملة الأبقار والأرانب والفئران الحامل بهرمونات قشرة الادرينال يمكن أن يبدأ إفراز اللبن بدون ضرر للحمل . وسواء البرولاكتين أو هرمونات قشرة الادرينال يمكن أن يبدأ إفراز اللبن فى الأرانب الحامل ويمكن أن يتعاون الهرمونين عند إعطائهما معا . والأنسولين يمكن أن يحفز تكاثر أو توالد خلايا طلائية جديدة ، أما الهيدروكورتيزون فيشجع تطور أنظمة التخليق بالخلية الحديثة (مثل الشبكة الاندوبلازمية الخشنة) . والبرولاكتين يسبب تسهيل تخليق بروتين اللبن . الهرمونات الأخرى (مثل هرموني النمو والثيروكسين) فتؤثر على كمية اللبن المفرزة ولكنهما قد يكونا غير لازمين لحدوث إفراز اللبن Lactation (شكل ١٥ - ١٨) . ولقد أدى حقن الاستراديول Estradiol والتمسترون Testosterone لخفض إنتاج اللبن من الأبقار والأغنام . الجرعات الصغيرة تؤدي لإنتاج لبن يشبه السرسوب فى حين أن الجرعات الكبيرة فتؤدي لإفراز مائى ومختثر . ويبدو أن هذا التأثير يعزى لأثر الهرمونات المحقونة على الغدة النخامية .

يعتبر هرمون الاكسيتوسين Oxytocin المفرز من النخامية العصبية ذو أهمية خاصة فى إفراز اللبن . فى الحيوانات الحلابية يرتبط الاكسيتوسين بعملية إخراج اللبن milk removal حيث يسبب إنقباض الخلايا الطلائية العضلية المحيطة بالحويصلات اللبنية والقنوات الصغيرة مما يدفع اللبن لخارج هذه الأماكن عبر مخازن الغدة والحلمة ومنها للخارج . وعملية إخراج اللبن يمكن أن تبدأ بعدة طرق فتحت الظروف العادية تتأثر بالرضاعة Suckling من خلال نهايات الأعصاب الحسية Afferent nerves بالحلمات والتي تنجم عن تنبيهها تحرر الاكسيتوسين الذى يحمل بواسطة الدم للضرع مسببا انقباض الخلايا الطلائية العضلية . كما أن التنبيه العصبى الحادث عند الرضاعة أو الحليب يشجع إفراز الهرمونات الأخرى المشجعة لإفراز اللبن Lactogenic hormones مما يؤدي لزيادة تخليق مكونات اللبن وإفرازه (شكل ١٥ - ١٩) . غير أن هناك عوامل أخرى عديدة يمكنها أن تبدأ هذا الإنعكاس العصبى الهرمونى Neuro-hormonal reflex . ففى الماشية يمكن أن تحدث هذه الاستجابة عند غسيل أو تدليك الضرع قبل الحلب ، صوت ماكينات الحليب ، التواجد فى منطقة الحليب ورؤية النتائج . انعكاس نزول اللبن ليس له نفس الأهمية الفسيولوجية فى كل الأنواع ، ففى الماعز والأغنام يمكن وقف الانعكاس ومع ذلك يظل انتاج اللبن طبيعيا إذا ما حلبت الحيوانات بعناية .



شكل ١٥ - ١٩ : الانعكاس العصبي الهرموني الحادث عند تنبيه الغدة اللبنية والمرتبط بتخليق وإفراز اللبن (هن فرلنسون)

(١) التوترين القوي بصري وإدرايانية (٢) مسلك الانعكاس العصبي (٣) الغناسية العصبية (٤) الغناسية قلبية (٥) الهرمونات المنفردة للبن (٦) هرمون الاكسيتوسين المنارج للبن (٧) تنبيه الرضاعة

وهذا قد يرجع إلى أن تركيب ضرع هذه الحيوانات يسهل انقباض الحويصلات نتيجة التدليك أو الحليب .

إثارة الحيوان تتعارض مع عملية إخراج اللبن وهو ما يفسر بحدوث إفراز لهرمون الابنفرين Epinephrine من نخاع الادرينال وهو يسبب انقباض الشعيرات والأوعية الدموية بالضرع مما يقلل من كمية الاكسيتوسين المارة خلال شعيرات الدم . ومن ناحية أخرى يعتقد بحدوث تثبيط لانعكاس إخراج اللبن يحدث في المخ ويكون ذو أهمية أكثر عن تأثير الابنفرين .

ولقد درس تأثير إعطاء الهرمونات الأخرى مثل الثيروكسين في ماشية اللبن وذلك بالمعاملة بالكازين الودي Iodinated casin المسمى بالثيروبروتين Thyroprotein والمحتوى على هرمون الثيروكسين . وإعطاء هذا المركب للأبقار جيدة التغذية وبالكمية المناسبة يؤدي لزيادة التمثيل القاعدي وبالتالي تشجيع إفراز اللبن . غير أن درجة ومدى التأثير والاستجابات الفسيولوجية الأخرى متغيرة . كذلك فإن المعاملة بهرمون النمو يشجع إفراز اللبن بصورة معقولة مما جعل البعض ينصح باستخدامه

خاصة بعد توافر هرمون النمو المخلوق صناعيا باستخدام طرق الهندسة الوراثية منذ عام ١٩٨٥ .

ثانياً : التنظيم العصبى Neural Control

نمو الغدة اللبينية يخضع أساسا لميطرة الهرمونات حيث أمكن إحداث النمو والإفراز فى الغدة المفصولة الاتصال العصبى . رغم ذلك فإن للجهاز العصبى دورا فى تنظيم نمو الغدة أكده أن الفئران الحامل التى تمنع من لعق أو لحم مؤخرتها يكون نمو غددها اللبينية حوالى نصف النمو الحادث فى الفئران الحرة . ولقد فسر هذا بأن التنبيه الحادث عن اللعق قد يسبب إفراز البرولاكتين وغيره من هرمونات النخامية .

عملية بدء إفراز اللبن قبل الولادة مباشرة يتدخل فيها الجهاز العصبى مع الهرمونات . حيث أن وصول الجنين لحجم معين قد يعمل على تنبيه إفراز هرمون البرولاكتين وهرمون منبه فترة الأدرينال ACTH من النخامية مما يعمل مباشرة أو بطريقة غير مباشرة على بدء إفراز اللبن . وعند الولادة فإن التنبيه العصبى الناجم عن خروج الجنين يؤدى لإفراز الأكتينوسين بكميات كبيرة الأمر الذى يعقبه إفراز كميات كبيرة من اللبن .

المحافظة على إفراز اللبن Maintenance of Lactation ومنع اضمحلال Involution الغدة فى معظم الأنواع يعتمد على استمرار تنبيه الرضاعة أو الحليب وإزالة اللبن من الغدة . فتنبيه النهايات العصبية بالضرع ينتقل للجهاز العصبى المركزى الذى ينظم مرور الدم بالغدة اللبينية وبالتالي تمويلها بالهرمونات وبوإدى مكونات اللبن . كذلك فإن هذا التنبيه يؤثر على المراكز العصبية بتحت المهاد خاصة تلك التى تنظم شهية الحيوان للأكل والشرب وتنظم إفراز الهرمونات المسيطرة على النخامية مما يؤثر على نشاط الغدة اللبينية .

الفصل الخامس عشر

النمو

Growth

ترتبط وظيفة الحيوان بتكوين جسمه ، كما يرتبط تكوين جسم الحيوان بظاهرة النمو . ولقد اتضح أن كل محتويات الخلية تدخل في تفاعلات كيميائية مسنمة هي عمليات بناء وهدم . فخلايا الدم مثلا تدخل في عمليات تسبب بنائها وأخرى تسبب هدمها ، كما وأن هناك حاجة دائمة لعوامل النمو المساعدة كالهرمونات والفيتامينات وكذلك لمواد البناء كالأحماض الأمينية والسكريات والأملاح لتعويض الفقد أو الهدم الحادث بالجسم . والواضح أن عمليات البناء تكون أكثر وضوحا خلال مراحل النمو المختلفة ، وإنه لمن المدهش حقا تحول البويضة المخصبة إلى جنين كامل التكوين .

والنمو Growth وظيفة كل الكائنات الحية ويمكن أن يعرف ببساطة بأنه زيادة في حجم و / أو كتلة جزء أو كل الجسم خلال فترة زمنية معينة . غير أن هذه الظاهرة تتضمن كثيرا من العمليات المعقدة . والنمو الحقيقي يعرف بأنه زيادة غير معكوسة في كتلة البروتوبلازم بالكائن الحي . والزيادة في عدد أو حجم الخلايا أو في طول أو كتلة أو حتى في عشيرة أى كائنات كلها صور مختلفة للنمو . ويلاحظ أن النمو يختلف عن التطور Development الذى يعرف بأنه تنسيق بين العمليات المختلفة للوصول لحالة إكمال النضج الجسمى والتكوين العام لأجهزة الجسم . أما التسمين Fattening فهو دفع الحيوان لزيادة وزنه بمعدل أكبر عن العادى ولأقصى حد يسمح به التركيب الوراثى وذلك عن طريق تغذية خاصة . وقد يصحب التسمين نموا إذا أجرى في عمر مبكر .

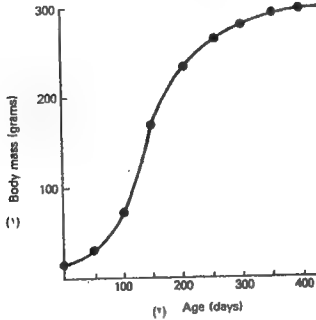
مقاييس النمو Measures of growth

تقدير النمو يجب أن يعتمد على اختيار الوحدة التى تشرح جيدا نوع التغير الفسيولوجى المطلوب تقديره . فعندما نتعامل مع الحيوان ككل ، فإن أى وحدة تختار ستمثل تقريبا المجموع الجبرى للعديد من التغيرات التى تعكس الزيادة وكذلك الفقد فى مكونات الجسم وليست بالضرورة تدل على تجمع البروتوبلازم بذاته . فعنلا معظم الزيادة فى وزن ماشية اللحم تكون فى صورة دهن مخزن أكثر عما تكون زيادة فى البروتين أو الهيكل . وفيما يلى أهم الطرق المستخدمة لمعرفة نمو الحيوانات .

١ - منحنى النمو : Growth Curve

يمكن تقدير النمو في الكائنات الحية بواسطة عمل منحنى النمو الذى يوضح معدل زيادة الوزن أو الطول في فترة من الزمن . شكل هذا المنحنى يكون اسى Sigmoid curve (يشبه شكل حرف S) أيا كانت وحدة القياس المستخدمة مثل الكتلة ، الطول أو ارتفاع الكائن الحي (شكل ١٥ - ١) .

وفي العشيرة تمثل كل وحدة بواسطة كائن حي وشكل منحنى النمو يصف التغيرات في عدد من الأفراد مع الوقت . ومن جهة أخرى فإن تغير حجم كائن واحد يتأثر بعدد وحدات الخلايا الموجودة في أى وقت . وبمعنى آخر فإن معدل الزيادة خلال النمو يكون متناسبا مع عدد الوحدات الفردية التى تستطيع إكثار نفسها في أى وقت محدد . ونظرا لأن هذه الزيادة لا تستمر بغير حدود ، فإن منحنى النمو في النهاية يصف معدل النقص الراجع لبعض العوامل المثبطة مثل تضاؤل المواد الغذائية أو تراكم الفضلات .



شكل ١٥ - ١ : منحنى النمو في لوران للتجارب
(عن هيث وأوليمستيا)

(١) وزن الجسم (٢) العمر (يوم)

النمو عادة ما يعبر عنه رياضيا كمتوسط لمعدل الزيادة في المعيار أو الصفة المقدرة لكل وحدة وقت . فعنلا في مجال رعاية الحيوان غالبا ما يفضل إستخدام متوسط الزيادة اليومية في وزن الحيوان Average daily mass gain الذى يمكن حسابه بوزن الحيوان أولا (w_1) عند زمن معين (t_1) ثم وزنه ثانيا (w_2) بعد فترة زمنية (t_2) . ومن هذه القيم يتم حساب متوسط الزيادة في فترة زمنية ما وكذلك معدل الزيادة النسبية في الوزن Relative Growth rate من المعادلات التالية :

$$\frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1} = \text{متوسط الزيادة في فترة زمنية}$$

$$\frac{w_2 - w_1}{w_1} = \text{معدل الزيادة النسبية}$$

منحنى النمو التجميعى Cumulative growth curve ذو الشكل الاسى (شكل ١٥ - ١) يتضح منه أن النمو يكون مريعا في المراحل الأولى من العمر ولكن مع تقدم الحيوان في العمر تقل الزيادة في الحجم أو الوزن تدريجيا حتى يقف النمو في النهاية . النقطة التى تقف عندها الزيادة في النمو تعرف بنقطة الإنعكاسى أو الإنقلاب Point of inflexion or reversal . الزمن الذى تحدث عنده نقطة الإنقلاب في منحنى النمو ذو أهمية إقتصادية لأن كمية الغذاء الحافظ المطلوبة للحيوان تزيد مع زيادة حجمه وبعدها يقل العائد الإقتصادى من النمو . وفي الحيوانات الزراعية ، فإن هذه النقطة تكون متوافقة مع وصول الحيوان للبلوغ أى بدأ ظهور الوظائف التناسلية كما يتضح من تحرر الحيوانات المنوية والبويضات . ويحدث البلوغ متأخرا في الأبقار ذات الأصل الهندى Bos indicus والجاموس عن أبقار المناطق الباردة Bos taurus (جدول ١٥ - ١) . وأوضحت الدراسات أن هذا التأخير يتراوح بين ٤ - ٢٠ شهر اعتمادا على السلالة . تأخير وصول ماشية الزيبو والماشية المصرية للبلوغ يمكن إسرعه بواسطة تحسين التغذية والانتخاب وعلى العكس فإن الدواجن المحلية بالمناطق الحارة وبما تصل لعمر البلوغ أسرع عن سلالات المناطق المعتدلة ولكن حجمها عادة ما يكون أصغر .

٢ - الزيادة الخطية Linear increase أو تغيرات الشكل Changes in form

نمو الكائن الحي يمكن تقديره في صورة الزيادة الخطية . وهذا القياس في الثدييات المستأنسة يمثل أساسا بواسطة التغيرات في حجم الهيكل . وبذلك فنمو الحيوان يمكن معرفته عن طريق قياس الزيادة في الجسم بواسطة تقدير مقاسات الجسم المختلفة .

جدول ١٥ : عمر البلوغ في بعض الحيوانات الزراعية (شهر)

النوع	فكود	إثث
الماشية (الأوربية)	٨ - ١٠	٨ - ١٣
الماشية (الهندية)	١٢ - ١٣	١٢ - ٢٣
الجاموس	١٨ - ٢٤	١٢ - ٢٠
الأغنام	٦ - ١٢	٦ - ١٢
الخيول	٢٤	١٨ - ٢٣
الفتنازير	٥ - ٦	٧
الأرانب	٥ - ٦	٤ - ٥

وعند التحكم بين الحيوانات فإن الفرد يبصره يستطيع معرفة حجم وتركيب أجزاء الجسم المختلفة ويكون فكرة عن قيمة الحيوان . وفي الحيوانات الكبيرة وحيوانات التسمين يعتبر طول الجسم وعمق أو محيط الصدر من المعايير التي تدل على حجم ووزن الحيوان . ونظرا لأن حجم وشكل منطقة الكفل وطبيعة الدهن المترسب من العوامل الهامة في تقدير قيمة الذبيحة ومعرفة فهم في الحيوانات الحية صعبة فهذا يقلل من قيمة هذه الطريقة في تقدير عملية النمو .

ولقد وضع هاموند 1932 Hammond أسس نظرية النمو التميزي Differential growth اعتمادا على تقدير مقاييس الأعضاء والأنسجة المختلفة للأغنام بعد ذبحها عند فترات مختلفة من التطور . وظهر أن أجزاء الجسم المختلفة تنمو بسرعات مختلفة فمثلا أقصى سرعة لنمو الجهاز العصبي تحدث في عمر مبكر في حين أن العظام ، العضلات والدهن تليه في سرعة النمو بنفس الترتيب . وعليه فإن نسبة العضلات بالذبيحة تزيد بتقدم العمر لحد معين . وقياس هذه الاختلافات لها أهمية أخرى عملية حيث تفيد في معرفة عمر النضج وكفاءة النمو والقدرة الوظيفية وعلاقتها بالتغيرات التركيبية للحيوان .

٣ - تقدير تركيب زيادة الوزن composition of gain

رغم أن منتجى الحيوانات يهتمهم في المقام الأول معدل الزيادة اليومية في الوزن ، فإنهم يهتمون أيضا بتركيب هذه الزيادة . فحيوان اللحم لكي يكون مقبولا من المستهلك فإن لحمه يجب أن يستوفي بعض الشروط مثل ترسيب بعض الدهن في اللحم الأحمر أي اللحم المرمى مع زيادة نسبة اللحم إلى العظم .

وهناك عددا من الطرق التي تسهل معرفة تركيب اللحم بالحيوان الحي . وهذه الطرق معظمها يعتمد على حقيقة أن نسبة الماء الكلي بالجسم الخالي من الدهن

ثابتة . ونظراً لأن كمية الماء بالأنسجة الدهنية بسيطة جداً مقارنة بكمية الماء بالجسم كله فأى إختلاف فى نسبة الماء الكلية بالجسم ترجع أساساً لكمية الدهن الموجودة . ويمكن تقدير كمية الماء الكلية بالجسم (Total body water (TBW اعتماداً على طرق التخفيف المختلفة التى تتضمن حقن الحيوان بكمية معينة من مادة يمكن تتبعها مثل الأنتيبيريدين Antipyrine أو اليوريا Urea أو الماء المعقم Treated water (TOH) . وبعد وقت معين تؤخذ عينات دم من الحيوان ويقدر فيها تركيز هذه المادة . ومن النسبة بين التركيز الأساسى إلى التركيز النهائى يمكن حساب كمية الماء بالجسم . وباستخدام هذه القيمة يمكن حساب وزن الجسم الرطب الخالى من الدهن (Fat free wet weight (FFWW ووزن الجسم الجاف الخالى من الدهن (Fat free dry weight (FFDW وكذلك دهن الجسم (Body fat (BF من المعادلات الآتية :

$$FFWW = TBW / 0.732$$

$$FFDW = FFWW - TBW$$

$$BF = \text{Live weight (LW)} - FFWW$$

وهناك طريقة تستعمل الكثافة النوعية للذبيحة للإستدلال على تركيب الذبيحة ، ولكن نظراً لأنها تقدر فقط بعد الذبح فإنه لا يمكن تتبع التغيرات الحادثة خلال فترات النمو أو التسمين فى الحيوانات الحية . الكثافة النوعية للدهن (S_p) والكثافة النوعية للجسم الخالى من الدهن (S_{ff}) تكون نسبياً ثابتة للنوع الحيوانى الواحد . ويمكن معرفة الكثافة النوعية للذبيحة (S_c) بسهولة من حساب نسبة الاختلاف بين الوزن فى الهواء والوزن فى الماء . ومن هذه المعايير الثلاثة يمكن حساب نسبة الدهن من المعادلة التالية :

$$\text{Fat \%} = (S_{ff} - S_c) / (S_{ff} - S_p)$$

فمثلاً فى لحوم المعجول تكون الكثافة النوعية للدهن 0.894 وكثافة الجسم الخالى من الدهن 1.155 ، فإذا علمنا أن الكثافة النوعية للذبيحة تكون مثلاً 1.059 فإنه يمكن باستخدام هذه القيم معرفة أن نسبة الدهن باللحم تعادل :

$$(1.155 - 1.059) / 0.261 = 36.8\%$$

ورغم أن طريقة تقدير تركيب مكونات الذبيحة قد تكون مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً ولا يسهل إجراؤها مباشرة بواسطة مربوا الحيوانات ، غير أنها تعتبر وسيلة مفيدة فى تقييم التغير فى النمو الكيماوى بحيوانات اللحم . فمثلاً معرفة تأثير تغير الحالة الغذائية ، تأثير المعاملات الهرمونية والتأثيرات الوراثية على التغيرات التمييزية فى مكونات الجسم الأساسية تمثل أهمية لمنتجى الحيوانات .

٤ - تقدير معامل تحويل الغذاء Conversion factor

أحياناً يقاس النمو بتقدير معامل تحويل الغذاء إلى وحدات زيادة في وزن الحيوان . وقد يكون هذا المقياس مفيداً خلال مرحلة التسمين وليس خلال مرحلة النمو ، حيث أنه في مراحل النمو المبكرة فإن القناة الهضمية تمثل الجزء الأكبر من وزن الجسم الحي أما ترسيب البروتين (تكوين العضلات) فيكون مصحوباً باحتجاز ٤ أجزاء من الماء لكل جزء واحد من البروتين . بينما الدهن (الذي يترسب أساساً في المراحل المتأخرة) فلا يكون مصحوباً بالماء ، وإن كان تكوين الدهن عملية مكلفة من ناحية إستهلاك الطاقة وإنتاج دهن زائد عملية غير مجدية إقتصادياً .

ومن جهة أخرى فإن تقدير ميزان الأزوت وميزان الكالسيوم والفوسفور تفيد في الإستدلال على نمو وتطور الحيوان . فعندما يزيد احتجاز الأزوت أو الكالسيوم فهذا يعني أن الحيوان يكون أنسجته . هذه الطرق مفيدة عند دراسة تأثير التغذية على النمو .

وأخيراً فرغم تعدد طرق تقدير النمو فإن تقدير الزيادة اليومية والشهرية في الوزن الحي هي أكثرها استخداماً لدى المربين لسهولة إجرائها وفائدتها أما الطرق الأخرى فرغم قيمتها فإنها تستعمل غالباً في مراكز البحوث .

مراحل النمو : Phases of growth

يتصف النمو في المراحل المختلفة من حياة الحيوان بسمات خاصة لكل مرحلة تجعل من الضرورة تقسيمه لأطوار محددة وواضحة . ويمكن تقسيم مراحل النمو إلى مرحلتين أساسيتين هما مرحلة النمو قبل الولادة ومرحلة النمو بعد الولادة :

١ - مرحلة النمو قبل الولادة : Prenatal phase

هي المرحلة التي تبدأ بالبويضة والتي لا تختلف كثيراً في الحجم بين الحيوانات المختلفة فيكون قطرها نحو ٠,١ مم في الكلاب و ٠,١٤ مم في الأغنام . ويتم الإخصاب عادة في الثلث الأول من قناة فالوب ثم تنتقل البويضة المخصبة لقرن الرحم . وأثناء ذلك يبدأ بها نوع من الإنقسام لا ينجم عنه زيادة في حجم أو كتلة البويضة Cleavage وينجم عنه عنقود من الخلايا الصغيرة يسمى المورولا Morula داخل غلاف البويضة ويتغذى الجنين خلال هذه المرحلة على مح البويضة . وفي قرن الرحم يتطور هذا الجنين إلى الجاسترولا Gastrula الذي يتميز به ثلاثة أغلفة من الخلايا (شكل ١٢-٧) ويبدأ المعيشة متغذياً على إفراز مخاطية الرحم

حيث يكبر في الوزن والحجم ويبدأ به تكشف الأعضاء والأجهزة الرئيسية .
وتنتهي هذه المرحلة من المعيشة الحرة بالتصاق أغشية المشيمة بجدار الرحم
حيث يبدأ الجنين في الاعتماد على المشيمة في التغذية . ويستمر الجنين في النمو
واستكمال أجهزته إلى قرب نهاية الحمل حيث يكتمل تكوينه . وتكون سرعة النمو
خلال الحمل كبيرة ومتزايدة إلى أن تصل لأقصاها قبل الولادة . ففي الأغنام مثلاً
يتراوح وزن الجنين عند عمر شهر حوالي ٠.٥% من وزن الميلاد ، وعند عمر
شهرين يصل ٢% ، وعند عمر ثلاثة أشهر ٢٠% بينما يبلغ نحو ٩٠% عند عمر ٤
أشهر .

٢ - مرحلة النمو بعد الولادة : Postnatal phase

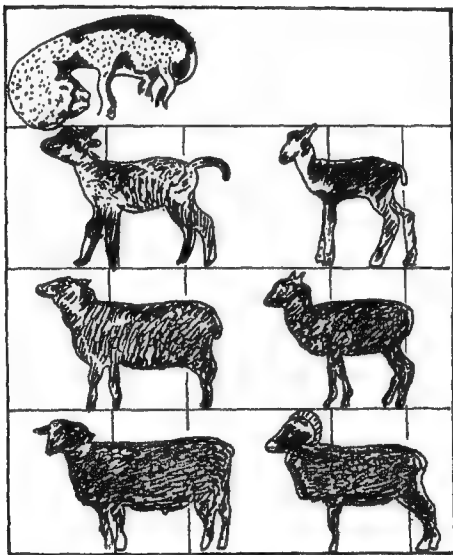
تتميز هذه المرحلة بطورين تختلف فيهما سرعة النمو (شكل ١٥ - ١) .
خلال الطور الأول تكون الزيادة في الوزن متزايدة وذلك لأنه يعتمد أساساً على
تزايد عدد الخلايا نتيجة الانقسام السريع . ويستمر هذا الطور إلى أن يبلغ وزن
الحيوان نحو ٣٠% من وزنه الناضج وتتفق نهاية هذا الطور مع وصول الحيوان
لعمر النضج الجنسي Sexual maturity ، أما الطور الثاني فتكون خلاله قدرة الجسم
على النمو محدودة وتعتمد أساساً على زيادة حجم الخلايا وتكوين المواد غير
البروتينية مع زيادة محدودة في عدد الخلايا . وتتفق نهاية هذا الطور مع
وصول الحيوان لعمر النضج الجسمي Somatic maturity . وخلال هذا الطور تقل
تدرجياً قدرة الحيوان على الاستفادة من الغذاء . ويتقدم عمر الحيوان بعد هذا
الطور تمنع البيئة الداخلية النمو منعاً باتاً ويتبع ذلك نقص كمية البروتين بجسم
الحيوان وإنخفاض الحيوية وظهور أعراض الشيخوخة .

وعلى ذلك يلاحظ أن للماشية دائرتين للنمو ، الأولى مكتملة للمرحلة الجنينية
وتستمر من أول ولادة الحيوان حتى الشهر التاسع من حياته ثم تبدأ بعد ذلك الدائرة
الثانية مابعد سنة ونصف ومستتين وهذه الدائرة تعتبر أوفق سن لإستغلال الماشية
لإنتاج اللحم حيث تمثل الفترة التي يقترب فيها الحيوان من النضج ويبدأ الحيوان
في تكوين الدهن بصورة ملموسة .

تطور أجزاء الجسم Development of body proportions

يلاحظ أن زيادة حجم أو وزن الحيوان بعد الولادة لا تكون متساوية لجميع أجزاء
وأعضاء الجسم بل تختلف من عضو لآخر . يترتب على ذلك إختلاف نسبة أجزاء

الجسم المختلفة بعضها لبعض أو بالنسبة للجسم كله وهو ما يطلق عليه بالتطور . فعند الميلاد مثلا نجد أن الرأس والأطراف تكون كبيرة بالنسبة لباقي الجسم . وتقل هذه النسبة تدريجيا بتقدم العمر حيث يزداد الجسم طولاً وبذا تزداد نسب بعض الأجزاء الأخرى من الجسم مثل البطن والظهر وهكذا تتغير نسب الأعضاء المختلفة بتقدم الحيوان في العمر (شكل ١٥ - ٣) .



شكل ١٥ - ٢ : التغيرات الحادثة في نسب أجزاء الجسم في أعمار السقولة (يسار) والموفلون البري (يمين)
بتقدمهما في مراحل النمو . في القمة جنين عمره شهران ، الصف الثاني حمل عمره ٤ أيام ، الصف الثالث تعبة
تامة النمو والصف الأخير كهش تام النمو
(عن هاموند)

ولقد جرت العادة على تقسيم أعضاء أجهزة الجسم المختلفة على حسب معدلات نموها إلى ثلاث مجاميع :

(أ) المجموعة الأولى : وتشمل الأعضاء ذات سرعة النمو العالية فى المراحل الأولى للنمو ثم تقل هذه السرعة بتقدم عمر الحيوان . وتضم هذه المجموعة الرأس ، العينين ، المخ ، المعدة ، الرئتين والأرجل .

(ب) المجموعة الثانية : وتشمل الأعضاء التى تكون سرعة نموها بطيئة فى مراحل النمو الأولى وسريعة فى المراحل الأخيرة . وتضم هذه المجموعة الكرش ، النسيج الدهنى والأعضاء التناسلية .

(جـ) المجموعة الثالثة : وتشمل أعضاء يتماثل نموها فى جميع مراحل النمو . وتضم هذه المجموعة بعض أجزاء النسيج العظمى ، والعصبى والعضلى .

والملاحظ أن هناك ارتباط وثيق بين سرعة نمو الأعضاء المختلفة للجسم أثناء النمو المختلفة ومدى احتياج الجسم لها . فالأعضاء التى يحتاجها الجسم فى بداية حياته مثل المخ تكون معدل نموها عالية بعد الولادة مباشرة وعلى العكس فالأعضاء التى لا يحتاجها الجسم فى بداية حياته مثل أعضاء التناسل فإنها تكون بطيئة النمو فى مراحل النمو الأولى ثم تزداد سرعة نموها بتقدم عمر الحيوان .

والملاحظ أن التغيرات فى نسب وأعضاء الجسم المختلفة خلال نمو الحيوان تنعكس على قيمة الحيوان خاصة لإنتاج اللحم . فعند الميلاد تكون الرأس والأرجل كبيرة بالنسبة للجسم ولكن بتقدم الحيوان فى النمو يستطيل الحيوان ويزداد عمقه (شكل ١٥ - ٢) وعلى ذلك تزيد نسبة الأجزاء الأكثر قيمة مثل القطن والعجز إلى الأجزاء الأقل قيمة مثل الرقبة والكتف . فمثلا عند ميلاد الحملان يمثل وزن الذبيحة ما يقرب من ٥٠% من الوزن الحى وعند إزالة العظام يبقى اللحم الذى يقدر بنحو ٣١% . وعند عمر ٢٢ شهر يزداد نسبة الجزء الصالح للإستهلاك لما يقرب من الضعف (جدول ١٥ - ٢) . على أن محتوى الجزء الصالح للإستهلاك لا يبقى بدون تغير حيث تزداد نسبة الدهون بينما تقل نسبة العضلات فى الذبيحة بعد فترة . ولذلك يتضح مدى أهمية إجراء عملية التسمين فى الوقت الملائم بحيث يتم الحصول على ذبائح ذات قطعيات عالية الجودة وذات دهن مترسب بقدر يتناسب مع رغبات التاجر والمستهلك .

جدول ١٥ - ٢ : التغيرات في تكوين الجسم بالأنعام المفلوك خلال مراحل النمو
(% من وزن الجسم)

الصفة	العمر (شهر)			
	الميلاد	٣ أشهر	١١ شهر	٢٧ شهر
وزن الذبيحة	٥٣	٥٤	٦٠	٦٧
وزن الأجزاء الصالحة للأكل	٣١	٤٢	٥٤	٦٢
وزن العضلات الصالحة للأكل	٣١	٣٦	٣٤	٣١
وزن الدهن الصالح للأكل	١	٦	٢٠	٣١
وزن العظام	١٧	٩	٥	٤
نسبة الدهن في العظام	٢	٥	٢٠	٣٠

التغيرات الكيميائية الحادثة بالجسم أثناء النمو :

Changes in body composition during growth

يعتبر الماء ، البروتين ، الدهن والرماد هي المركبات الأساسية التي تتكون منها أنسجة الجسم . نسب هذه المكونات تختلف من المرحلة الجنينية ثم مابعد الولادة حتى يصل الحيوان لمن البلوغ . وهناك مرحلة تعرف باسم النضج الكيميائي Chemical maturity وهو الوقت الذي تكون فيه النسب المئوية لهذه المكونات ثابتة تقريبا ، وهو يختلف بين أنواع الحيوانات . ولكن وجد أن مقدار العمر الذي ينقضي قبل الوصول لهذه المرحلة يقدر بحوالي ٤٠ % - ٤٥ % من متوسط عمر الحيوان .

وفي المرحلة الجنينية تقل النسبة المئوية للماء في حين تزداد نسبة الدهن بتقدم العمر . وبعد الولادة تزداد النسبة المئوية للمادة الجافة بالجسم وذلك نتيجة لزيادة نسبة الأنسجة الدهنية (جدول ١٥ - ٣) .

التركيب الكيميائي للعضلات يختلف بتقدم العمر ، وعموما فباستثناء الماء فهناك زيادة في معظم مكونات النسيج العضلي بتقدم العمر . ففي الماشية تبلغ نسبة المادة الجافة ، الدهون ، النيتروجين الكلي في العضلة العينية عند عمر ١٢ يوم نحو ٢٢ % ، ٥.٥ % ، ٣ % بينما عند عمر ٣ سنوات تبلغ هذه النسب ٢٦ % ، ٤ % و ٤٤ % على الترتيب . وتحديث تغيرات مشابهة في تركيب عضلات الجاموس بتقدم العمر ، فالتحليل الكيميائي لعضلات بيت الكلاوى والتليبانكو أظهر أن نسب المادة الجافة ، الدهون ، البروتين

والرماد تكون ٢٢,١% ، ١,٣% ، ١٧,٦% و ١,١ عند عمر شهرين وتبلغ ٢٣,٩% ، ٢,٦% ، ٢٠,٧% و ٨% عند عمر سنتين ، على الترتيب .

طبيعة البروتين المكون للعضلات يتغير مع العمر خاصة الكولاجين الذى يربط الألياف العضلية داخل حزم العضلات . ففي لحم الحيوانات الصغيرة يتحول الكولاجين بسهولة إلى جيلاتين خلال عملية الطبخ ، بعكس الحيوانات الأكبر عمرا . ولهذا يكتسب لحم الحيوانات كبيرة العمر صفة المطاطية خاصة فى العضلات الخشنة . بالإضافة لذلك يزيد تركيز ميوجلوبين العضلات مع العمر مما يؤدي لإكتساب العضلة لوناً أغمق . والزيادة فى الطعم تكون مصاحبة للزيادة فى لون العضلة ، فعلى سبيل المثال يكون اللحم البتلو ذو لون شاحب وعديم الطعم نسبيا بمقارنته باللحم البقرى الكبير الذى يكون لونه داكنا . وبالرغم من ذلك فإن الزيادة الكبيرة فى لون وطعم لحوم الأبقار الكبيرة السن قد لا تتناسب مع ذوق المستهلك . ومن الجدير بالذكر أن مكسبات الطعم الخاص باللحم تكون ذاتية فى الدهن ولذلك فإن زيادة نسبة الدهون المترسبة بين العضلات بتقدم العمر تكسب اللحم مذاقا خاصا . ويصاحب زيادة نسبة الدهن بالعضلات إنخفاض العدد اليودى للدهن والذي يقل من ٨٢ عند عمر ١٢ يوم إلى ٥٧ عند عمر ٣ سنوات ، الأمر الذى يعزى لنمو الكائنات الحية بالكرش والتي تقوم بعملية هدرجة للدهون الموجودة بالغذاء .

النسيج العظمى أيضا يتغير تركيبة مع تقدم عمر الحيوان . ولما كان الجزء الأكبر من النسيج العظمى يتكون نتيجة لترسيب المعادن فى بعض الأنسجة الغضروفية ، فيستنتج من ذلك أن عظام الحيوانات الصغيرة تحتوى نسبة منخفضة من الرماد وتزداد هذه النسبة بتقدم عمر الحيوان .

ويمكن إستخدام نسبة التصافي كدليل للتنبؤ بمكونات الذبيحة . فعندما تكون نسبة التصافي بين ٥٠ - ٦٠% تكون هناك زيادة ٣ مرات فى نسبة الدهن مع إنخفاض نسبة العظم للنصف فى الماشية خلال سنتين من الولادة . ويتصف الجاموس بإنخفاض نسبة الدهن بلحمه كما أن نسبة التصافي به تقل بتقدم العمر (جدول ١٥ - ٣) مما يعتبر دليلا على التأخير النسبى لتطور معدته .

العوامل المؤثرة على نمو الحيوان

هناك عددا من العوامل تؤثر على الزيادة فى وزن الكائن الحى وفى سرعة النمو النسبى لأعضائه المختلفة خلال عمر الحيوان . ومن أهم العوامل التى تؤثر فى سرعة النمو الوراثية ، المناخ ، التغذية والهرمونات . ويمكن توضيح أثرها فى الآتى :

جدول ١٥ - ٣ : معدل النمو ومكونات الذبيحة في الجاموس منسوبة للعمر والوزن

العمر (شهر)	الوزن الحي (كجم)	نسبة التصافي (%)	نسبة مكونات الذبيحة		
			اللحم الأحمر	الدهن	العظام
١,٧	٧٤	٥٧,٤	٦٨,٥	٦,٣	٢٤,٩
٦	١٥٧,٧	٥٥	٦٩,٩	٥,٧	٢٤,٣
١٢	٢٣٦	٥٣,٣	٦٤,٨	١٥,١	١٨,٩
١٨	٣٦٠	٥٢,٨	٦٦,٨	١٣,٩	١٨,٥
٢٤	٤٥٠,٤	٥٤,٣	٦٦,٥	١٥	١٧,٣

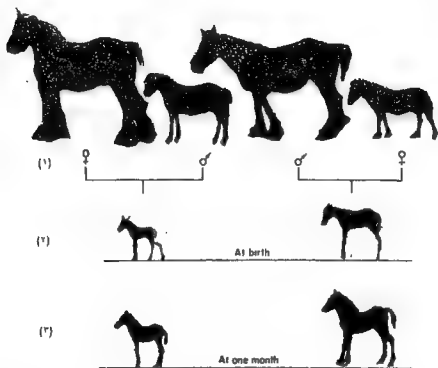
١ - العوامل الوراثية Genetic factors

سرعة النمو من الصفات التي لها معامل توريث عالي بدرجة كافية وتعتمد على عدد من الجينات الموجودة في التركيب الوراثي للحيوان . وهذا يفسر إختلاف سرعة النمو من حيوان للآخر تبعاً لإختلاف نسبة وجود جينات النمو في حيوان وآخر . على أن درجة ظهور هذه الصفة في الفرد تتوقف على مدى توافر الظروف البيئية التي تهيئه لظهور هذه الصفة فقد يتمثل حيوانين في التركيب الوراثي (التوائم المتطابقة) إلا أن سرعة نموها تختلف عند وقوعها في بيئتين مختلفتين في حين تكون سرعة نموها متشابهة عند وضعهما في بيئة واحدة . كذلك قد يختلف حيوانين وراثياً إلا أن وضعهما في بيئة قاسية يؤدي لتشابه سرعة نموها . ولذلك يجب وضع الحيوان تحت ظروف بيئية جيدة ليتمكن من التعبير عن تركيبه الوراثي مما يؤدي لظهور درجات مختلفة من النمو والراجعة لإختلاف التركيب الوراثي مما يجعل الانتخاب للحيوانات سريعة النمو جيداً . ويعتبر الخلط بين سلالات الحيوانات من الطرق الوراثية ذات الأهمية في تحسين سرعة النمو .

وفي الحيوانات المستأنسة التي غالباً ما تعطى مولوداً واحداً في البطن مثل الفرس ، الأبقار والجمال نشيراً الأدلة إلى أن حجم الأم ذو أثر واضح على حجم الجنين وسرعة نموه بعد الولادة (شكل ١٥ - ٣) . أما الحيوانات التي تلد أكثر من نتاج في البطن مثل الأرنب والكلاب والخنازير فإن عدد المواليد يؤثر على حجم النتاج عند الولادة . فعندما يزيد عدد المواليد يقل حجم المولود وهو الأمر الذي يرجع إلى مدى توافر المواد الغذائية

الواصلة من الدم للعشيمة حيث لا تكفى جميع النتائج خاصة في حالة العدد الكبير من الأجنة .

ومن الأهمية الإشارة إلى أن زيادة سرعة النمو تكون مرتبطة بإنخفاض معدل التسمين في الأعمار المبكرة ، ولكن نظرا لأنه في العديد من دول العالم يفضل أن تكون الذبيحة قليلة الدهن ، فإن هذه العلاقة السلبية لا تمثل مشكلة .



شكل ١٥ - ٣ : تأثير حجم الأم على حجم ونمو المهر نتيجة الخلط بين خيول للشير ذات الحجم الكبير والشتلاند يوني ذات الحجم الصغير
(عن هلسوند)

(١) الأباء والأمهات (٢) النتائج عند الولادة (٣) النتائج عند سن شهر

٢ - العوامل المناخية Climatic factors

البيئة المحيطة بالحيوان تؤثر على النمو بصفة غير مباشرة أو مباشرة . فمثلا يحدث إنخفاض موسمي في سرعة نمو الحيوانات بالمناطق الحارة الجافة خلال موسم الجفاف . في هذه الحالة يكون لموسم السنة تأثير غير مباشر على النمو يرجع للفرق المحدود من الغذاء المتوافر في موسم الجفاف . وإذا نمت الحيوانات على مراعي المناطق الحارة فهذا

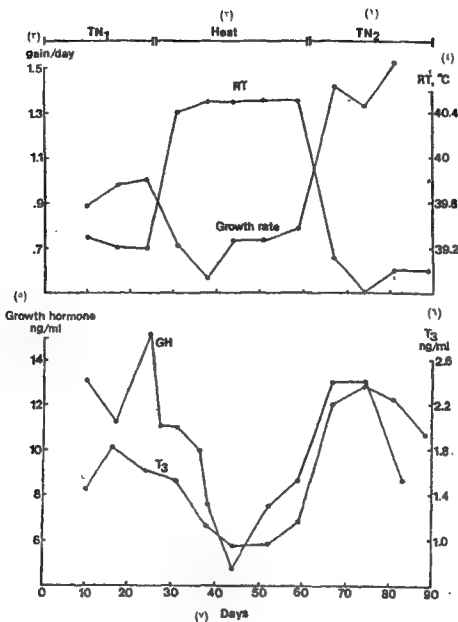
يكون داعيا لإختيارها للمعيشة فى هذه المناطق .

البيئة يكون لها تأثير مباشر على النمو ، فدرجات الحرارة تؤثر على معدل الميتابولزم وبالتالي على سرعة النمو . ففى الطقس شديد الحرارة تقل سرعة نمو الحيوانات وهو ما يرجع غالبا إلى فقد الشهية وإنخفاض كمية الغذاء المأكولة . ويؤدى إرتفاع الحرارة الجوية لارتفاع حرارة الجسم ويصاحب ذلك إنخفاض إفراز هرمون النمو وهرمونات الغدة الدرقية (شكل ١٥ - ٤) وهو الأمر الذى ينعكس على إنقسام الخلايا وزيادة حجمها وبالتالي معدل نمو .

ولتحسين سلالات ماشية اللحم بالمناطق الحارة ، فإن سلالات جديدة يمكن الحصول عليها بخلط السلالات المحلية والسلالات الأجنبية الممتوردة . مثال ذلك ما تم فى الولايات المتحدة بخلط ماشية البراهما مع الشورتهورن (بنسبة $\frac{3}{8} : \frac{5}{8}$) لتكوين سلالة السناتاجرتروموس Santa Gertrudis ليجمع بين صفات الإنتاج المرتفع وتحمل درجات الحرارة المرتفعة . وفى مصر أمكن خلط الماشية المحلية مع ماشية الشورتهورن بجامعة القاهرة منذ عام ١٩٣١ . وأوضحت النتائج تفوق ماشية الشورتهورن عن الأبقار المصرية والخليط فى النمو وإنتاج اللحم . ورغم أن هذه التجارب لم تسمر إلا أن إستعمال الخلط بين الأنواع يعطى إمكانية جيدة لتكوين سلالات جديدة تستطيع إنتاج قدر أكبر من اللحم فى الذبيحة وذات قدرة على مقاومة ظروف البيئة الحارة مثل الإصابة بالأمراض ودرجات الحرارة العالية .

٣ - العوامل الغذائية : Nutritional factors

للتغذية تأثير جوهري على النمو ، حيث يؤدى خفض مستوى تغذية الحيوان إلى بطء أو توقف نموه . وإعادة رفع المستوى الغذائى بما يكفل الإحتياجات الحافظة والإنتاجية بعيد للنمو طبيعته وتزيد الحيوانات فى الوزن بدرجات تختلف مع الأعمار . وتأثير خفض مستوى التغذية على النمو يتوقف على مرحلة النمو ومدى الخفض وطول فترة الخفض . ولعل من التجارب الرائدة لدراسة تأثير التغذية على نمو الحملان تلك التى أجراها العالمين بالأمون وفيرجس عام ١٩٥١ Palason & Verges حيث فسفت مجموعة من الحملان بعد الولادة مباشرة إلى قسمين أحدهما على التغذية (H) والآخر منخفض التغذية (L) وعند عمر ٤٠ يوم فصل القسم الأول إلى مجموعتين أولهما على التغذية (HH) والآخر منخفض التغذية (HL) . أما القسم الثانى ففصله إلى مجموعتين أحدهما على التغذية (LH) بينما ظل الثانى على مستواه المنخفض (LL) ودرس الوقت



شكل ١٥ - ٤ : تأثير ارتفاع درجة حرارة البيئة على سرعة النمو وحرارة الجسم وتركيز هرمون النمو والثيروين ثلاثي اليود بمجالات الفريزيان - TN₂, TN₁ - للتعامل الحراري (عن جونسون)

(١) السمائل الحراري (٢) الممرس للحراري (٣) ريادة الورر البوسية (٤) درجة الحرارة (٥) هرمون النمو (٦) الثيروين ثلاثي اليود (٧) الأيام

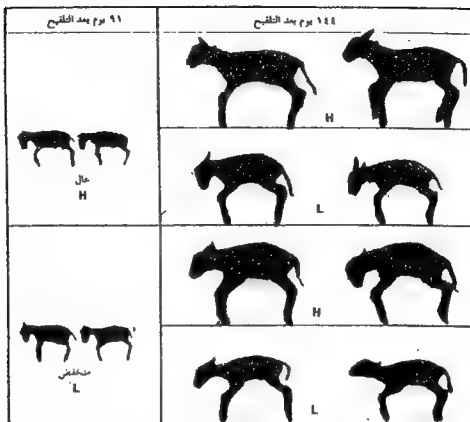
الذي تستغرقه كل مجموعة لتصل إلى وزن ٧٠ رطل ونبحث الحيوانات لمعرفة صفات وتركيب الذبيحة . ولأوضحت الدراسة أن تأثير الخفض يكون كبيراً في المرحلة التي فيها معدل النمو سريعاً ، كما أن إطالة مدة انخفاض التغذية تجعل من الصعب على الحيوان استعادة درجة نموه الأولى .

الأنسجة أو الأعضاء المختلفة من الجسم تستجيب للمعاملات الغذائية فى نظام معين تحدده سرعة نمو هذه الأعضاء . فالأجزاء أو الأعضاء التى تنضج مبكراً فى بدء الحياة تستجيب بدرجة أقل للمعاملات الغذائية عن تلك متأخرة النضج . وعليه فإذا وضع الحيوان على مستوى غذائى مرتفع فإن أكثر الأجزاء تأثراً هى تلك التى تنضج متأخرة مثل القطن وأقلها تأثراً هى التى تنضج فى بداية عمر الحيوان مثل الرأس والأطراف . وهذا مهم فى عملية التسمين حيث أن أهم أجزاء الذبيحة هى تلك الأجزاء التى يكتمل نموها فى الفترات الأخيرة من النمو مثل المنطقة القطنية وأعلى الفخذ وبذلك فعند وضع الحيوان على مستوى غذائى مرتفع (التسمين) تزداد نسبة هذه القطيعات الممتازة .

ويلاحظ أن مستوى التغذية أثناء الحمل له أثر واضح على وزن الننتاج المولودة وسرعة نموها بعد الولادة . فسوء التغذية خلال الشهرين الأخيرين من الحمل فى الأغنام يقلل عدد الننتاج المولودة بالقطيع ويكون حجم المولود أقل من الطبيعى وتزيد نسبة النفوق بها حتى لو كانت تغذية الأمهات جيدة أثناء المراحل الأولى من الحمل . وخفض مستوى التغذية خلال مرحلة الحمل الأولى ثم رفعها خلال الشهرين الأخيرين منه يعطى عدد أكبر من الننتاج ذات الحجم الطبيعى (شكل ١٥ - ٥) وسرعة النمو الجيد ونسبة نفوق بسيطة .

غذاء الحيوانات النامية يجب أن يحتوى على قدر كافى من البروتين . وزيادة نسبة البروتين بالغذاء تؤدي لزيادة وزن بعض العضلات وإرتفاع محتواها من البروتين ، ويؤثر على نمو النسيج العظمى حيث تزيد نسبة الكالسيوم بالعظام وذلك لتأثير البروتين على معدل امتصاص الكالسيوم . وبروتين الغذاء يجب أن يحوى نسبة متعادلة من الأحماض الأمينية الأساسية وغير الأساسية وذلك لضمان تشجيع النمو . وعندما تقل القيمة الحيوية للبروتين فإن الكمية المطلوبة منه لضمان تلبية احتياجات الحيوان تزيد حتى تعوض عدم إنزान الأحماض الأمينية بالغذاء . وهذا غير مهم فى المجترات حيث تستطيع الكائنات الحية التى تعيش بالكرش بناء بروتين جسمها من بروتينات الغذاء وعند مرور هذه الكائنات مع كتلة الغذاء فإنهاستهضم ويستفيد منها الحيوان .

وللفيتامينات تأثير واضح على النمو خاصة فيتامين « أ » الذى يؤدي نقصه لتدهور النمو . وفيتامينات « ب » خاصة حمض الفوليك وب_٦ وب_{١٢} ينجم عن نقصها الانيميا وتدهور النمو . ونقص فيتامين « د » ينجم عنه اضطراب نمو العظام . كما أن للعناصر المعدنية تأثير هام على نمو الحيوان فهى مكون أساسى للعظام (خاصة الكالسيوم والفسفور) أو لسوائل الجسم (الصوديوم والبوتاسيوم) . وبعض المعادن لها أهمية فسيولوجية باعتبارها من مكونات الانزيمات مثل الخارصين فى انزيم



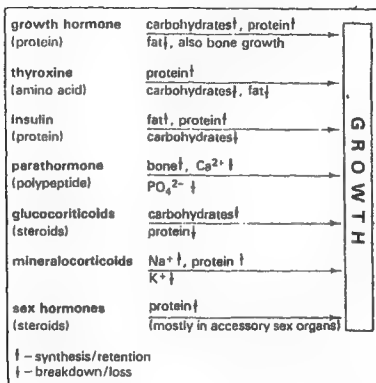
شكل ١٥ - ٥ : يوضح تأثير مستوى التغذية للنعاج خلال الحمل على حجم الحملان . مستوى التغذية ليس له تأثير حتى ٩١ يوما ولكن ذا تأثير بعد هذه الفترة - H - مستوى تغذية عالي ، L - مستوى تغذية منخفض (عن هاسوند)

الكربونيك انهيدراز أو منشطة للإنزيمات مثل النحاس في أنزيم السيوكروم . وبعض المعادن يدخل في تركيب بعض الهرمونات مثل اليود في هرمون الثيروكسين . وعلى ذلك فنقص هذه المعادن يؤثر بطريق مباشر أو غير مباشر على خلايا الجسم مؤديا لتدهور نمو الحيوان .

٤ - العوامل الهرمونية Hormonal factors

وجود الحيوان في ظروف معينة ببنية كانت أو داخلية تؤثر على الجهاز العصبى الهرمونى مما يغير من معدل إفرازه لمجموعة الهرمونات أو المواد المسيطرة على حيوية الخلايا الجسمية بحيث يغير من نشاط هذه الخلايا لتلائم الظروف التى يعيشها الحيوان . ورغم أن الهرمونات كلها تساهم بطريق مباشر أو غير مباشر في النمو ،

أن أهم الهرمونات التي تؤثر مباشرة على النمو هي هرمون النمو ، الثيروكسين ، هرمونات قشرة اللاندرينال ، الانسيولين ، الباراثرمون وهرمونات الجنس (شكل ٦.١٥) .



شكل ٦.١٥ : ملخص لتأثير الهرمونات على عملية النمو . (↑ - تخليق أو احتجاز ، ↓ هدم أو فقد)
(عن هيث وأولسنتيا)

هرمون النمو Growth hormone يفرز من الغدة النخامية ويسيطر أساسا على نشاط ونمو خلايا الجسم ولذلك يكون معدل إفرازه عاليا في الحيوانات الصغيرة ويقل في الحيوانات البالغة ، كما أن إفرازه يكون عاليا في الحيوانات العملاقة ومنخفضا في الحيوانات المتقزمة . ومعاملة الحيوانات بهرمون النمو يزيد وزن الجسم ويغير تركيبه . والفئران المعاملة بالهرمون لمدة ٨ أسابيع يزيد وزنها وتحتوى أجسامها على نسبة أعلى من البروتين والماء ونسبة أقل من الدهن والسكريات الكلية مقارنة بالحيوانات غير المعاملة (جدول ١٥ - ٤) . وقيل هرمون النمو يبدو أنه غير مباشر ويتم من خلال تشجيعه لإفراز عامل النمو المشابه للإنسيولين IGF-1 من الكبد وهو ينبه عديدا من

العمليات الخلوية متوسطة عملية النمو . حيث ظهر أنه في خلايا العضلات والكبد ينبه تخليق الأحماض النووية وانقسام الخلايا وفي خلايا الغضاريف يشجع انضمام الكبريت للبروتينات وفي الأنسجة الدهنية يعضد فعل الأنسولين وينبه أكسدة الجلوكوز وتخليق الدهون والجليكوجين .

وهناك هرمونات ببتيدية أخرى تحكم انقسام الخلايا الطبيعية ويبدو أن فعلها يتم في الوقت الذي يقل أو يغيب فيه فعل هرمون النمو وعامل النمو المشابه للأنسولين كما في المرحلة الجنينية . ومن هذه الهرمونات عامل النمو الناتج من الصفائح الدموية Platelet derived growth factor (PDGF) وينبه المراحل المبكرة من انقسام الخلايا ، ثم يقوم هرمون آخر بإكمال عملية الانقسام هو عامل البشرة المشجع للنمو Epidermal growth factor . وهناك هرمونات مشجعة للنمو تساهم في إعطاء الخلايا ملامحها الرئيسية مثل عامل النمو المحول Transforming growth factor (TGF) . وهذه العوامل تفرزها الخلايا نفسها Autocrine أو خلايا أخرى مجاورة .

جدول ١٥ - ٤ : وزن الحيوانات وتركيب الجسم في الفئران المعاملة بهرمون النمو

المعاملة	وزن الجسم (جم)	% الماء	% الدهون	% التيتروجين الكلي	السرعات الكتلية (كيلوسر/جم)
مقارنة	٦٠	٤٥	٣٩	٢,٢	٤,٤
معاملة	١٠٠	٦٣	١٣	٣,١	٢,٣

هرمون التيروكسين (T₄) Thyroxine والثيرونين ثلاثي اليود Triiodothyronine (T₃) يفرزا من الغدة الدرقية ويستبرا من العوامل الضرورية للنمو والنضج الجسمي ، حيث ظهر أن هناك علاقة إيجابية بين معدل النمو وتركيز التيروكسين بالدم . كما أن نزع الغدة الدرقية ينجم عنه نقص النمو ونقص كمية الغذاء المأكول . تأثير التيروكسين على النمو أعزى لفعله المشجع لإفراز هرمون النمو وكذلك تقوية فعله على الأنسجة . زيادة إفراز هرمونات الدرقية تسبب تحلل العضلات بالحيوانات الطبيعية ، كما أن تخليق البروتين يزيد عن نقص هذه الهرمونات . ولذلك أجريت محاولات لتقليل إفراز هذه الهرمونات باستعمال مركبات مضادة للدرقية مثل الثيويوراسيل Thiouracil والتابازول Tapazole بهدف الإسراع من تسمين الحيوانات . ولقد لوحظ أن هذه المركبات تنبه عملية النمو

غير أنها قليلة التأثير على تركيب الذبحة . ولوحظ في دراسات أخرى أن الذبحة قد تحتوى نسبة أعلى من الدهن تحت الجلد واللحم أقل رخامية . رغم ذلك فإنه نظرا للتأثير الضار للمواد المانعة لنشاط الدرقية فإن استعمالها يكون بحذر شديد وبكميات ضئيلة ولفترة قصيرة .

الانسولين Insulin يفرز من الغدة البنكرياسية وهو يشجع عملية النمو بتأثيره المشجع لدخول الأحماض الأمينية للخلية وانضمامها في البروتينات . وهو يشجع هرمون النمو في فعله على الأنسجة .

هرمونات قشرة الادرينال Corticosteroids تفرز قشرة الغدة الجاركلوية مجموعة من الهرمونات تضم الهرمونات الجنسية ومجموعة أخرى تؤثر على ميثابولزم الكربوهيدرات glucocorticoids (الكورتيزول ، والكورتيكوستيرون) أو تؤثر على ميثابولزم المعادن Mineralocorticoids (الالدوستيرون) بخلايا الجسم المختلفة . وضعف نشاط قشرة الادرينال في الأعمار الصغيرة يبطئ نمو هذه الحيوانات ، كما أن إعطاء بعض منها قد يحسن نمو الحيوانات صغيرة السن . ولقد اتضح أن معاملة الذكور المخصية من الماشية بجرام كورتيزون ثلاثة مرات اسبوعيا ولمدة ٩ أسابيع يقلل جوهريا الزيادة في الوزن الحى ونسبة البروتين بأنسجة الجسم ولكن يزيد من نسبة الدهون بأنسجة الذبحة ومحتواها من الطاقة (جدول ١٥ - ٥) . كما أن معاملة الحملان المخصية بخلات الكورتيزول حقنا وغرسها بالداى اثيل استلبيسترون (DES) يحسن من قدره الأخير على بناء البروتين ويشجع من بناء الدهون كما أن طراوة وعصرية الأنسجة المأكولة تتحسن .

جدول ١٥ - ٥ : تأثير المعاملة بالكورتيزون على نمو وتركيب جسم العجول المخصية

المعاملة	المقارنة	الصفة
x	٧١,٤	٨٠,٥
		الزيادة في الوزن الحى (كجم)
		الزيادة في الوزن الخالى من الأحشاء
x	٧٥,٥	٨٥,٩
		- الوزن (كجم)
x	٣٧,٧	٣١,٩
		- الدهن (كجم)
x	١٣,٦	١٦,٨
		- البروتين (كجم)
غير جوهري	١٨٠,٥	١٦٣,٤
		- الطاقة (MJ)

هرمونات الجنس Sex hormones تفرزها الغدد الجنسية وتسبب ظهور علامات وأعراض الجنس المميزة للذكور والإناث ، كما وأن لها تأثير بنائى على خلايا الجسم

المختلفة والذي يظهر في نمو العضلات والعظام مبكرة النضج . ويتضح دور هرمونات الجنس عند مقارنة ذكور الماشية المخصية Steers بالطلاق Bulls أو الحملان المخصية Wethers بالخراف Rams (جدول ١٥ - ٦) ويتضح من المقارنة أن نمو الذكور الملبية وكفائتها في تحويل الغذاء أكبر من الذكور المخصية . نسبة اللحم والعظام تزيد في ذبيحة الذكور الكاملة في حين أن نسبة الدهن أو التسمين تزيد في الحيوانات المخصية . ولا توجد تأثيرات كبيرة للخصي على طراوة اللحم أو طعمه أو رائحته .

جدول ١٥ : نسبة الاختلافات بين الذكور الكاملة والمخصية في النمو وتركيب الذبيحة وجودة اللحم

الأنعام	الماشية	الصفة
٦ +	١٥ +	معدل النمو
٢,٥ +	١٠ +	كفاءة تحويل الغذاء
٣ -	١ +	نسبة النصافي
١٠ + %	٤ +	نسبة اللحم بالذبيحة
١٢ - %	٥ -	نسبة الدهن
١,٥ + %	١,٥ +	نسبة العظام
٣ + %	١,٥ +	نسبة الأرباع الأمامية
		تركيب الذبيحة
١ +	٨ + %	الماء
١ + %	٣ + %	البروتين
١٠ - %	٢,٥ - %	الدهن

ولقد أمكن في السنوات تخليق عديدا من المركبات ذات التأثير الاستروجيني أو الأندروجيني وكان من أول المركبات الداي اثيل استيلبيسترول Diethylstilbesterol (DES) نو الفعل الاستروجيني . حيث استخدم مع الدواجن والماشية والحملان منذ عام ١٩٤٢ تقريبا . كما أمكن تخليق مركبات أخرى ذات فعل استروجيني وتركيبها استيرويدي مثل الاستراديول ١7B - Estradiol والهكسومسترول Hexoestrol وكذلك مركبات أخرى غير استيرويدية مثل الزيرانول Zeranol. ولقد أظهر بعض هذه المركبات قدرة على تحسين وزن الجسم وكفاءة تحويل الغذاء . وتحديث زيادة في نسبة البروتين والدهن في أجزاء الذبيحة . وترتفع نسبة الماء بذبحة الحيوانات المعاملة مما يجعلها أكثر طراوة (جدول ١٥ - ٧) على أن بعض التجارب التي عوملت فيها الحملان بنحو ١٢ جم زيرانول

لوحظ فيها زيادة جوهريّة في البروتين وإحتمال نقص كمية الدهون والطاقة المختزنة .

دراسة تأثير المعاملة بالاندروجينات أوضحت حدوث تحسين ملحوظ على النمو وجودة الذبيحة بعد معاملة الحملان بالتستستيرون . ولقد ظهر أن استعمال مخلوط الاندروجينات مع الداى اثيل استيلسترون أكثر فائدة في تحسين عملية النمو وزيادة المحتوى البروتينى للعضلات . ولقد ظهرت بعض المخاليط مثل الامبلكس Implex الذى يحتوى على التستستيرون والاستراديول (١٠ : ١) ووجد أنها تشجع النمو وتزيد الاحتجاز الأزوتى . ولقد أمكن تخليق مركب مشجع للنمو استيرويدى ومثابه للتستستيرون هو خلاص الترنبولون Trenbolone acetate ولوحظ أنه يزيد سرعة النمو فى الماشية ويحسن من نسبة البروتين بالذبيحة . واتضح بعد ذلك أن مخلوط الترنبولون مع الاستراديول (كما هو فى مركب الريفالور Revalor) يسرع من نمو الحيوانات أكثر عن أى من هذه المركبات عند إعطائها مفردة (جدول ١٥ - ٨) .

جدول ١٥ - ٧ : تأثير غرس الداى اثيل استيلسترون DES على وزن الجسم وتركيب الذبيحة فى تكور الأغنام

الصفة	المعاملة	النسبة التغير
الوزن الحى (كجم)	٥٨, ٥	٦٤, ٧
كمية الماء بالجسم (كجم)	٣٣, ٠	٣٥, ٥
كمية الدهون (كجم)	١٥, ٥	١٦, ٢
كمية البروتين (كجم)	٩, ٣	١٠, ٢
كمية المعادن (كجم)	٢, ٧	٢, ٨
وزن العضلات (كجم)	١٨, ٨	١٩, ٨
الطاقة الكلية (كيلو سعر / جم)	٣, ١	٣, ٣
احتجاز الأزوت (كجم)	٠, ٤٤	٠, ٧٧
	٧٥	

جدول ٨.١٥ : تأثير غرس خلايا الترنبولون (٦٠ مجم) مع الاستراديول (١٢ مجم) على زيادة وزن الجسم وتركيب نبيحة الأغنام المخصية

للمصفة	المقارنة	المعاملة	نسبة التغير
الزيادة في وزن الجسم (كجم)	٧, ٣	٨, ٧	١٩,٢
كمية الماء بالجسم (كجم)	٣,٣٥	٤, ٨	٤٣,٣
كمية الدهون بالجسم (كجم)	٢,٣٦	١,٧٣	٢٦,٧
كمية البروتين بالجسم (كجم)	١,٢٦	١,٧٩	٤٢,١
كمية الرماد بالجسم (كجم)	٢٧٧	٣٦٧	٣٢,٥
كمية الكالسيوم بالجسم (كجم)	٦٨	٩٢	٣٥,٣
كمية الفوسفور (جم)	٤٥	٦١	٣٥,٦
كمية المغنسيوم (جم)	٣	٤, ٤	٤٦,٦

تأثير المعاملة بالمواد المشجعة للنمو غالبا ما يعزى إلى تأثيرها المباشر على خلايا الجسم ، الأمر الذى ينجم عنه تخليق جزيئات جديدة من mRNA بالنواه وهو يعمل بالتالى على تخليق بروتينات جديدة خاصة قد يكون بعضها انزيمات أو هرمونات وهذه تكون مسئولة عن التأثيرات الحادثة بعد إعطاء الاسترويدات . ولقد تأكد ذلك عند معاملة ذكور الماشية المخصية بمركب الداى اثيل استيلسترون DES حيث تغير من تركيز هرمونات الدم حيث يزيد إفراز هرمون النمو والانسولين فى حين أن نشاط الغدة الدرقية لم يتغير كثيرا نتيجة للمعاملة (جدول ٩ - ١٥) . كما أن المعاملة بالاستيرويدات تغير من عدد ونشاط الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بكرش المجترات . فلقد اتضح أن إضافة الاستروجينات إلى سائل الكرش يؤدي لزيادة عدد ونشاط البروتوزوا المهدبة وهذا يلعب دورا ملموسا فى متابولزم ومظهر الحيوانات المجتررة حيث يزيد نشاط الكرش واحتجاز الأزوت وسرعة نمو الحيوانات .

جدول ١٥ - ٩ : تأثير المعاملة بالداي اثيل امبليسترول DES (٣ مجم / يوم / رأس)
على هرمونات بلازما ذكور الماشية المخصية

المعاملة	الزيادة اليومية (كجم)	وزن للتغذية (كجم)	هرمون للنمو (لجم / مل)	الانسويين (ميكر وحدة/مل)	البروتين المرتبط بالبيود (مكجم/١٠٠ مل)
المقارنة	٢,٢٩	١,٠٧	٢١	٣٩,٣	٧, ٣
المعاملة	٢,٦٥	١,٢٣	٣٨,٥	٤٣,٩	٧, ٢
نسبة التغير (%)	١٥, ٧	١٤, ٩	٨٣,٣	١١,٧	- ١,٠٤

والجدير بالذكر أن استخدام إضافات لغذاء الحيوانات مثل الأملاح المعدنية الأثرية والفيتامينات والمضادات الحيوية والهرمونات كان له تأثير مشجع لنمو حيوانات التسمين ، مما جعل هذا الأمر شائع الاستخدام في بعض مناطق إنتاج اللحوم خاصة تلك المخصصة للتصدير للخارج . غير إن اعتراضات كثيرة ظهرت خاصة على استخدام المواد الهرمونية أو مشابهاتها في التسمين . ولقد استندت هذه الاعتراضات أساسا على أن بقايا هذه المركبات تظل موجودة في لحوم الحيوانات المعاملة ولفترة طويلة ولا تتأثر كثيرا بحرارة الطبخ مما يمثل ضررا على صحة الإنسان . حيث يعتقد أن بعض هذه المركبات قد تسبب أمراض خبيثة مثل السرطان أو تؤدي لاضطرابات في وظائف الجسم مثل الاضطرابات التناسلية التي تظهر في صورة عقم أو تشوه للأجنة .

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

- ١ - جادو ، محمد صفوت . ١٩٨٩ . فسيولوجيا الحيوانات المزرعية . كلية الزراعة ببناها - جامعة الزقازيق .
- ٢ - حمادة ، مصطفى كمال عمر . ١٩٧٨ . إنتاج الضأن والصوف . دار المطبوعات الجديدة - الإسكندرية .
- ٣ - درويش ، محمد يحيى حسين . ١٩٧٦ . فسيولوجيا الحيوان . مكتبة الانجلو المصرية - القاهرة .
- ٤ - رويحة ، أمين . ١٩٨٧ . كيفية اكتشاف الهرمونات . دار القلم ببيروت .
- ٥ - قمر ، محمد جمال الدين ، البردى ، عبد الرحمن محمد ومراد ، حمدي محمد . ١٩٧٦ . أساسيات فسيولوجيا الإنتاج الحيوانى . مطبعة التقدم . القاهرة .
- ٦ - محمود ، إبراهيم نجيب . ١٩٦٥ . صحة الحيوان الزراعى . دار الفكر العربى . القاهرة .
- ٧ - محى الدين ، خير الدين ويوسف ، وليد حميد . ١٩٨٧ . علم الفلسجة البيطرية . جامعة الموصل . بغداد .
- ٨ - هاموند ، جون . ١٩٨٥ . حيوانات المزرعة . مترجم . الدار العربية للنشر والتوزيع . القاهرة .
- ٩ - هيكلان ، س.ب ، روبرتس ، ل.س وهيكلان ، ف.م . ١٩٨٩ . الأساسيات المتكاملة لعلم الحيوان « علم وظائف الأعضاء والبيئة وسلوك الحيوان » مترجم الدار العربية للنشر والتوزيع . القاهرة .
- ١٠- يوكسين ، الدوارد . ١٩٨٥ . صناعة الحياة . من يتحكم فى البيوتكنولوجيا . مترجم . دار غريب للطباعة . القاهرة .

ثانياً : المراجع الأجنبية :

- 1 - Abdel-Kader, G. 1976. Spotlights on histology. 2nd ed. El-Nasr modern bookshop, Cairo.
- 2 - Banerjee, G.C. 1982. A textbook of Animal husbandry. 5th ed. Oxford & IBH publishing Co., India.
- 3 - Bansky, B. 1975. Dynamic anatomy and physiology. Macmillan Publishing Co., Inc.
- 4 - Barrington, E.J.W. 1975. An introduction to general and comparative endocrinology. Clarendon Press. Oxford.
- 5 - Bell, G.H., Davidson, J.N. and Scardborough, H. 1970. Textbook of physiology and biochemistry. ELBS/Longman.
- 6 - Cole, H.H. (Ed.). 1966. Introduction to livestock production. W.H. Freeman & Company-San Francisco.
- 7 - Copenhaver, W.M., Bunge, R.P. and Bunge M.B. 1971. Bailey's textbook of histology. 16th ed. The Williams & Wilkins Comp., Baltimore.
- 8 - Frandson, R.D. 1975. Anatomy and Physiology of farm animals. 2nd ed. Lea & Febiger Philadelphia.
- 9 - Fraser, A.F. 1980. Farm animal behaviour. 2nd. ed. ELBS/Bailliere Tindal.
- 10- Ganong, W.F. 1979. Review of medical physiology. 9th ed. Lange medical publications.
- 11- Georgiva, S.A. 1989. Essentials of physiology. Mir publishers-Moscow.
- 12- Griffin, J.E. and Ojeda, S.R. (Eds). 1988. Textbook of endocrine physiology. Oxford Univ. Press.
- 13- Guroff, G. (ed). 1983. Growth and maturation factors. (Vol. 1). John wiley & Sons. Inc.
- 14- Hafez, E.S.E. (Ed). 1980. Reproduction in farm animals. Lea & Febiger Philadelphia.
- 15- Hafez, E.S.E. and Dyer, I.A. (Eds). 1969. Animal growth and Nutrition. Lea & Febiger. Philadelphia.
- 16- Hafez, E.S.E. (ed). 1968. Adaptation of domestic animals..Lea & Febiger. Philadelphia.
- 17- Heath, E. and Olusanya, S. (Eds). 1988. Anatomy and physiology of tropical Livestock. ELBS/ Longman.
- 18- Johnson, H.D. 1986. Overview of Climate effects on livestock. Reprint to. CALAR Scientific Meeting, Alexandria, Egypt.

- 19- Keele, C.A. and Neil, E. 1972. Samson Wrights Applied Physiology. 12th ed. ELBS/Oxford.
- 20- Martin, C.R. 1976. Textbook of endocrine physiology. Williams & Wilkins Co., USA.
- 21- McDonald, L.E. and Pienda, N.H. (Eds). 1989. Veterinary endocrinology and reproduction. Lea & Fibiger, Philadelphia.
- 22- Mepham, T.B. 1987. Physiology of lactation. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia.
- 23- Netter, F. 1963. Ciba collection of medical illustrations. 4. Endocrine system and metabolic diseases.
- 24- Schmidt, G.H. 1971. Biology of lactation. 1st ed. Freeman and company, San. Fransisco.
- 25- Swenson, M.J. (Ed). 1984. Duke's physiology of domestic animals. Cornell Univ. Press, Ithaca, USA.
- 26- Thiel, C.C. and Dood, F.H. (eds). 1979. Machine Milking. Technical Bulletin 1. NIRD, Reading.
- 27- Wood, D.W. 1974. Principles of animal physiology. Edward Arnold. Ltd.

محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٥
الفصل الأول : الخلية الحيوانية	٧
- شكل وحجم الخلية	٧
- تركيب الخلية ووظيفة مكوناتها	٨
- وظائف الخلية	١٣
الفصل الثاني : الجهاز الهيكلي	١٧
- تركيب الهيكل العظمي في الثدييات	١٧
- تركيب العظام	٢١
- نمو العظام	٢٣
- الغضروف	٢٤
- المفاصل	٢٥
الفصل الثالث : الجهاز العضلي	٢٩
- أنواع العضلات	٢٩
- الصفات العامة للعضلات	٣٤
- ميكانيكية انقباض وإنسلاط العضلات	٣٧
- إثارة الانقباض العضلي	٤٠
- طاقة الانقباض العضلي	٤٠
الفصل الرابع : الدم وسوائل الجسم الأخرى	٤٣
- الدم	٤٣
- الليمف	٦٣
- السائل المخي النخاعي	٦٧
- السائل المفصلي	٦٧
- السوائل المصلية	٦٨
- سوائل الجسم الأخرى	٦٨

الفصل الخامس : الدورة الدموية ٦٩

..... القلب ٦٩

..... الأوعية الدموية ٧٨

..... مملك الدم بالجسم ٨٠

الفصل السادس : التنفس ٨٣

..... أعضاء التنفس ٨٤

..... ميكانيكية للتنفس ٨٨

..... تبادل الغازات في الرئة ٩٣

..... الجهاز التنفسي بالطيور ١٠٢

..... تنفس الخلايا ١٠٣

الفصل السابع : الجهاز الهضمي ١١١

..... أعضاء للجهاز الهضمي ١١٢

..... القناة الهضمية ١١٢

..... ملحقات القناة الهضمية ١٢٧

..... عمليات الهضم ١٣٥

..... هضم وامتصاص الكربوهيدرات ١٣٦

..... هضم وامتصاص البروتينات ١٤١

..... هضم وامتصاص اللبيدات ١٥١

..... الهضم في الطيور ١٥٨

..... العوامل المؤثرة على هضم الغذاء ١٦١

الفصل الثامن : الاتزان المائي والاعراج ١٦٥

..... تركيب سوائل الجسم ١٦٦

..... تنظيم تركيب وحجم سوائل الجسم ١٦٩

..... الاتزان الحامضي - القاعدي ١٧٢

..... الجهاز البولي ١٧٥

..... الجلد والتراكيب الجلدية ١٨٥

الفصل التاسع : الجهاز العصبي ١٩٥

..... الانعجة العصبية ١٩٥

٢٠١	طبيعة الاشارة العصبية
٢٠٩	تركيب الجهاز العصبي
٢٢١	اعضاء الحس
٢٣٥	الفصل العاشر : الغدد الصماء
٢٣٥	نظام الغدد الصماء
٢٤٣	الغدة النخامية وتحت المهاد (الهيبوثلامس)
٢٥٨	الغدة الدرقية
٢٦٢	غدة الأدرينال (الجاركلوية)
٢٧٠	هرمونات الغدة الجنسية
٢٧٦	هرمونات البنكرياس
٢٨٠	التنظيم الهرموني لتمثيل الكالسيوم
٢٨٥	هرمونات الجهاز الهضمي
٢٨٧	المواد شبه الهرمونية
٢٩١	الفصل الحادي عشر : الاقلمة للظروف البيئية
٢٩٢	ميكانيكيات ثبات الوسط الداخلي
٢٩٤	مناخ العالم
٢٩٥	مقاييس استجابة الحيوانات الزراعية للمناخ
٣٠٠	الاستجابات الفسيولوجية للجو الحار
٣٠٦	الاستجابات الفسيولوجية للجو البارد
٣٠٩	الفصل الثاني عشر : التكاثر
٣٠٩	الجهاز التناسلي الذكري
٣١٤	الجهاز التناسلي الانثوي
٣١٨	الهرمونات والتناسل
٣٢١	تكوين الجاميطات (خلايا التكاثر)
٣٢٣	الدورة التناسلية
٣٣٦	تشخيص الحمل
٣٣٩	الولادة
٣٤٢	العقم

٣٤٩	الفصل الثالث عشر : التلقيح الصناعي
٣٤٩	- مزايا التلقيح الصناعي
٣٥١	- مكونات المائل المنوي
٣٥٢	- جمع المائل المنوي
٣٥٩	- فحص المائل المنوي
٣٦٤	- تخفيف المائل المنوي
٣٦٩	- حفظ المائل المنوي
٣٧١	- حقن المائل المنوي (التلقيح)
٣٧٥	الفصل الرابع عشر : الغدة اللبنية وإفراز اللبن
٣٧٥	- تركيب الغدة اللبنية
٣٨٤	- إفراز وإخراج اللبن
٤٠١	- التنظيم الهرموني العصبي لإنتاج اللبن
٤٠٧	الفصل الخامس عشر : النمو
٤٠٧	- مقاييس النمو
٤١٢	- مراحل النمو
٤١٧	- العوامل المؤثرة على النمو
٤٣١	المراجع

أمر الإيداع : ١٩٩٢/٢٧٨٢
التزقيم الدولي : I.S.B.N.
977-03-0094-2

طباعة تكنتوكس فن الجرافيك
ت : ٥٨٧٤٧٤٩ - ٥٨٧٢٤٠٩ إسكندرية

هذا الكتاب

يشرح وظائف اعضاء واجهزة جسم الحيوان مثل الجهاز العصبى والدورى والهضمى والتناسلى وغيره ، مع الاهتمام بتوضيح الوظائف الانتاجية للحيوان مثل النمو وانتاج اللبن والتناسل والاقلمة وهى وظائف قد لايقوم بها عضو بمفرده وتتأثر بكثير من العوامل البيئية . بالاضافة لذلك القى الضوء على بعض الامراض التى قد تصيب الحيوان كنتيجة لبعض الاضطرابات الفسيولوجية . وزود الكتاب بعدد كافى من المراجع للمواضيع المرتبطة .

وبهذا يكون الكتاب مفيدا للطلبة الذين يدرسون علوم الانتاج الحيوانى والطب البيطرى والحيوان العام وكذلك للمهتمين بالارشاد الزراعى وبتربية ورعاية وتحسين حيوانات المزرعة .